

	Page
TRAVAUX ORIGINAUX	
LEFEVRE (P. C.). — Note sur les conséquences pratiques de la lyophilisation des spores de <i>Bacillus anthracis</i>	135
DOMENECH (J.). — Enquête sérologique sur la brucellose du dromadaire en Ethiopie.....	141
DOUTRE (M. P.), TOURE (B.). — Sérologie de la péripneumonie. Utilisation du matériel « Microtiter » dans une microréaction de fixation du complément selon la méthode de Kolmer	143
ILEMOBADE (A. A.), LEEFLANG (P.). — Epidémiologie de la heartwater au Nigeria.....	149
TOURE (S. M.). — La trypanotolérance. Revue de connaissances	157
BOUDET (G.). — Pâturages de la zone tropicale humide. Connaissances acquises et besoins en recherches complémentaires	175
DULIEU (D.), GASTON (A.), DARLEY (J.). — La dégradation des pâturages de la région de N'Djamena (République du Tchad) en relation avec la présence de Cyanophycées psammophiles. Etude préliminaire	181
TOUTAIN (B.). — Essais de régénération mécanique de quelques parcours sahéliens dégradés	191
GRANIER (P.), CABANIS (Y.), ELLENBERGER (F.), RAZAFINDRATSITA (R.). — Evolution des pâturages. Etude de la biologie de deux graminées : <i>Imperata cylindrica</i> (Linn.) et <i>Aristida rufescens</i> (Stend.)	199
EXTRAITS — ANALYSES	
Maladies à virus	231
Zoonoses	232
Maladies bactériennes	233
Mycoplasmoses.....	233
Rickettsiose	234
Maladies à protozoaires	234
Trypanosomoses	235
Parasitologie	236
Entomologie	238
Anatomie	238
Zootecnie.....	239
Alimentation	241
Agro-pastoralisme	242
Bibliographie.....	244
CONGRÈS	247
INFORMATIONS PROFESSIONNELLES	249

Le sommaire de la REVUE D'ÉLEVAGE ET DE MÉDECINE VÉTÉRINAIRE DES PAYS TROPICAUX est signalé dans : « CURRENT CONTENTS, AGRICULTURE BIOLOGY AND ENVIRONMENTAL SCIENCES », Philadelphie.

CONTENTS N° 2 - 1977

	Page
ORIGINAL PAPERS	
LEFEVRE (P. C.). — Practical consequences of freeze drying of <i>Bacillus anthracis</i> spores . . .	135
DOMENECH (J.). — Serological survey of one humped camel brucellosis in Ethiopia	141
DOUTRE (M. P.), TOURE (B.). — Serology of contagious bovine pleuropneumonia a Kolmer microtiter complement fixation test	143
ILEMOBADE (A. A.), LEEFLANG (P.). — Epidemiology of heartwater in Nigeria	149
TOURE (S. M.). — Trypanotolerance. Review on actual knowledge	157
BOUDET (G.). — Grasslands in the humid tropics. Present knowledge and further research requirements	175
DULIEU (D.), GASTON (A.), DARLEY (J.). — Degradation of grasslands in N'Djamena area (Chad) in relation to psammophilous Cyanophyceae. Preliminary study	181
TOUTAIN (B.). — Trials on the mecanical improvement of some sahelian deteriorated rangelands	191
GRANIER (P.), CABANIS (Y.), ELLENBERGER (F.), RAZAFINDRATSITA (R.). — Botanical trend in rangelands. A study of the biology of two grasses : <i>Imperata cylindrica</i> (Linn.) and <i>Aristida rufescens</i> (Stend.)	199
ABSTRACTS	
Diseases, caused by viruses	231
Zoonosis	232
Diseases caused by bacteria	233
Mycoplasmoses	233
Rickettsiosis	234
Diseases caused by protozoan parasites	234
Trypanosomiasis	235
Parasitology	236
Entomology	238
Anatomy	238
Zootechny	239
Feeding	241
Pastures	242
Bibliography	244
CONGRESS	247
PROFESSIONAL NEWS	249

This contents is noted in CURRENT CONTENTS, AGRICULTURE, BIOLOGY AND ENVIRONMENTAL SCIENCES, Philadelphia.

Note sur les conséquences pratiques de la lyophilisation des spores de *Bacillus anthracis*

par P. C. LEFEVRE (*)

(avec la collaboration technique de M. MOYALBAYE)

RÉSUMÉ

Des essais de lyophilisation des spores de *Bacillus anthracis* (souche STERNE) ont montré que le pourcentage de spores revivifiables dépend des milieux de lyophilisation utilisés : le lait écrémé et le milieu de Weybridge sont d'excellents protecteurs contrairement au milieu à la néopeptone.

En outre, les spores lyophilisées sont « fragilisées » et le pourcentage de spores après reconstitution dépend du diluant : le sérum physiologique n'a aucune action nocive à l'inverse de la solution molaire de sulfate de magnésium qui détruit 50 p. 100 des spores.

INTRODUCTION

Dans les pays où l'élevage nomade domine, les vaccins mixtes lyophilisés sont particulièrement recherchés (6, 9, 10), en raison de leur meilleure conservation et de leur facilité d'utilisation sur le terrain.

Dans le but de mettre au point soit un vaccin monovalent lyophilisé (4), soit un vaccin mixte péripneumonie-charbon bactérien, une série d'expériences a été menée pour préciser l'influence de la lyophilisation sur les spores de *Bacillus anthracis* souche Sterne.

En effet, plusieurs auteurs ont déjà souligné le caractère néfaste de celle-là sur celles-ci (1, 2, 10). Pour PROVOST et collab. 60 p. 100 des spores sont détruites lors de la lyophilisation. Toutefois des antibiotiques ayant été incorporés dans le vaccin mixte (du fait du milieu de croissance de *Mycoplasma mycoides*) et bien que les diverses opérations aient été menées sous froid, il est impossible de dire avec précision quelle

est la part de la lyophilisation dans cette perte de spores.

De plus, toujours selon ces mêmes auteurs, les spores lyophilisées seraient sensibles à l'action du sulfate de magnésium. Cette observation surtout est très importante car la solution molaire de $MgSO_4$ est très largement utilisée dans les pays d'Afrique Centrale pour la reconstitution des vaccins lyophilisés en raison de son action thermo-protectrice pour *Mycoplasma mycoides* et le virus bovipestique (7, 12).

De même, selon les auteurs roumains (ALBOIU et collab.) les spores sont « fragilisées » et perdent une grande partie de leur pouvoir de résistance à la chaleur, la lumière et les antiseptiques mais ils ne précisent pas l'ordre de grandeur de la perte en spores revivifiables. En revanche, RAMYAR et BAHARSEFAT ne signalent pas ce problème dans la préparation de leur vaccin mixte lyophilisé charbon bactérien-clavelée.

Aussi, avant d'introduire la valence charbon bactérien d'une importance capitale dans les pays du Sahel (13) dans un vaccin mixte lyophilisé, il nous était nécessaire de déterminer avec exactitude le pourcentage de spores revivi-

(*) I. E. M. V. T., Laboratoire de Farcha, B. P. 433, N'Djamena (Tchad).

fiables après lyophilisation et ceci en faisant varier les milieux protecteurs et les diluants de reconstitution. Par ailleurs, l'adjonction de saponine dans le vaccin anti-charbon bactérien étant nécessaire, une étude portant sur la préparation de ce vaccin saponiné lyophilisé a été entreprise séparément.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

I. MATÉRIEL

1) Toutes les expériences ont été conduites avec la couche STERNE 34 F2 du Laboratoire International des étalons biologiques, Weybridge (Angleterre).

2) Quatre milieux de lyophilisation ont été employés :

- lait écrémé ;
- milieu de Weybridge (3) : hydrolysate de caséine = 25 g ; saccharose = 5 g ; glutamate de sodium = 5 g ; eau distillée = 1 l ;
- milieu de Wiktor (5) : phosphate monopotassique = 2,7 g ; peptone = 20 g ; lactose = 20 g ; eau distillée = 1 l ;
- milieu à la néopeptone : néopeptone (DIFCO) = 110 g ; eau distillée = 1 l.

Les trois premiers milieux ont été stérilisés par filtration sur EKS II après ajustement du pH à 7,2-7,4. Le lait écrémé a été stérilisé à 120° pendant 30 mn.

3) La lyophilisation a été menée sur un appareil Major (FROILABO-SOGEV). On a, dans un premier temps, réalisé une lyophilisation primaire de — 60 à — 25 °C en 24 h, puis une dessiccation secondaire de — 25 à + 20 °C pendant une vingtaine d'heures. Les flacons ont été bouchés sous atmosphère d'azote.

4) On a utilisé comme diluant de reconstitution soit du sérum physiologique, soit une solution molaire de sulfate de magnésium.

II. MÉTHODE

1) La technique de culture de *Bacillus anthracis* est la technique classique de production du vaccin anticharbonneux sporulé selon les normes internationales de l'O. M. S. (4). La récolte est effectuée avec un minimum d'eau distillée et

la suspension obtenue est ensuite chauffée 1 h à 65 °C pour détruire les corps microbiens tout en conservant les spores. Après chauffage, la suspension est mise sur agitateur magnétique. Quand la répartition des spores est homogène, 4 fractions aliquotes sont mélangées à parties égales avec les milieux de lyophilisation. Les mélanges sont ensuite répartis dans des flacons de 20 ml à raison de 5 ml par flacon et portés dans le lyophilisateur. La lyophilisation terminée, les flacons sont stockés à — 20°, + 4° et 37 °C. Les titrages sont effectués immédiatement après, puis à 1, 2 et 3 mois en utilisant les 2 diluants de reconstitution.

2) Parallèlement et pour savoir si l'action délétère du sulfate de magnésium s'exerce sur les spores en général ou seulement sur des spores lyophilisées et peut-être « fragilisées », des spores fraîchement récoltées sont immédiatement mélangées avec du sérum physiologique ou une solution molaire de sulfate de magnésium dans des proportions équivalentes. Les suspensions obtenues sont mises sur agitateur 1 h 30 avant titrage. Cette expérience a été répétée 4 fois avec des suspensions différentes.

3) Lors du titrage, les flacons lyophilisés sont repris dans 20 ml de diluant (sérum physiologique ou solution molaire de sulfate de magnésium) et mis en agitation pendant 1 h 30. Le volume de 20 ml et le temps de 1 h 30 ont été choisis pour que l'action du sulfate de magnésium soit maximale. Les titrages sont effectués par comptage des colonies en boîte de Petri après dilutions décimales (5 boîtes par dilution). Les volumes étant différents — 5 ml avant lyophilisation et 20 ml après — les titres sont exprimés en spores par flacon.

III. RÉSULTATS

Les résultats sont colligés dans les tableaux I, II et III.

DISCUSSION. CONCLUSION

Au vu des tableaux suivants, il est possible de faire un certain nombre de constatations :

1) Les milieux de lyophilisation (tabl. I).

Le lait écrémé et le milieu de Weybridge se révèlent d'excellents protecteurs pour les spores

TABL. N°I—Titre des spores de *Bacillus anthracis* avant et après lyophilisation dans divers milieux protecteurs.

	Titre avant lyophilisation (1)	Titre après lyophilisation	
		Sérum physiologique	Solution molaire de Mg SO ₄
Spores + lait écrémé	1890 x 10 ⁶ 1740 2045**	1820 x 10 ⁶ 1680 1970	1087 x 10 ⁶ 1008 1165
Spores + milieu de Weybridge	1845 x 10 ⁶ 1695 1995	1990 x 10 ⁶ 1838 2146	916 x 10 ⁶ 850 980
Spores + milieu de Wiktor	1705 x 10 ⁶ 1575 1825	1476 x 10 ⁶ 1360 1600	880 x 10 ⁶ 762 998
Spores + Néopeptone	1755 x 10 ⁶ 1625 1890	727 x 10 ⁶ 625 1890	410 x 10 ⁶ 338 432

(1) le titre moyen avant lyophilisation est de 1800 x 10⁶ spores avec un intervalle de confiance à 95 p. 100 compris entre 1655 x 10⁶ et 1940 x 10⁶ spores par flacon.

* les chiffres indiqués à l'alinéa inférieur sont les limites de l'intervalle de confiance à 95 p. 100.

de *Bacillus anthracis*. Aucune perte de spores n'est enregistrée après lyophilisation dans ces 2 milieux et reconstitution dans du sérum physiologique.

En revanche, le milieu à la néopeptone et le milieu de Wiktor sont nettement moins favorables, notamment le premier avec lequel on ne retrouve, après lyophilisation, que 40 p. 100 des spores.

2) Les diluants de reconstitution (tabl. II).

Les observations de PROVOST et collab. sur l'action délétère d'une solution molaire de sulfate de magnésium et celles d'ALBOIU et collab. sur la fragilisation des spores lyophilisées sont toutes les deux amplement vérifiées.

Les spores lyophilisées avec le milieu de Weybridge ou le lait écrémé et reconstituées dans du sérum physiologique ne subissent aucune perte.

En revanche, les mêmes spores reconstituées dans la solution molaire de Mg SO₄ sont détruites à 50 p. 100.

Après lyophilisation dans le milieu à la néopeptone et reconstitution dans la solution molaire de Mg SO₄, 67 p. 100 des spores sont détruites. Le diluant de reconstitution est responsable de la perte de près de la moitié des spores non détruites lors de la lyophilisation.

Or, le tableau II montre à l'évidence que cette solution n'a aucune action nocive sur des spores non lyophilisées.

La lyophilisation a donc pour effet d'entraîner une très nette diminution de la résistance

TABL. N°II—Action de la solution molaire Mg SO₄ sur les spores non lyophilisées

Expérience n°	Sérum physiologique	Solution molaire de Mg SO ₄
1	10 x 10 ⁶ 8 12	9,3 x 10 ⁶ 7 11
2	38 x 10 ⁶ 32 44	46 x 10 ⁶ 41 51
3	93 x 10 ⁶ 88 100	84 x 10 ⁶ 77 91
4	132 x 10 ⁶	190 x 10 ⁶ 180 200

des spores. Cette notion devra être gardée en mémoire car, lors de la production d'un vaccin, il est nécessaire de tenir compte des baisses de titre cumulées depuis la sortie du laboratoire jusqu'au moment de l'injection et dues à de nombreux facteurs (chaleur, exposition à la lumière, etc...).

3) Résistance des spores lyophilisées conservées à diverses températures (tabl. III).

La résistance des spores lyophilisées à 4° et 37° semble satisfaisante : les écarts des titres du vaccin conservé à différentes températures ne sont pas significatifs.

La lyophilisation des spores de *Bacillus anthracis* n'est pas une opération banale et sans danger pour ces dernières. Le choix du milieu de lyophilisation est très important : le lait écrémé et le milieu de Weybridge sont d'excellents protecteurs alors que le milieu à la néopeptone est à proscrire. De même le diluant de reconstitution n'est pas sans action du fait de la

TABL. N°III-Résistance des spores de *Bacillus anthracis* lyophilisées en milieu de Weybridge et conservées à - 20°, + 4° et + 37°C.

	Reconstitution dans du sérum physiologique					
	- 20°C		+ 4°C		+ 37°C	
1 mois	1650 × 10 ⁶ 1504 1795	1658 × 10 ⁶ 1566 1754	1314 × 10 ⁶ 1234 1324			
2 mois	1638 × 10 ⁶ 1540 1736	1312 × 10 ⁶ 1188 1436	1436 × 10 ⁶ 1304 1568			
3 mois	1510 × 10 ⁶ 1424 1594	1720 × 10 ⁶ 1630 1808	1340 × 10 ⁶ 1258 1422			

« fragilisation » des spores lyophilisées. Dans les pays où la solution molaire de sulfate de magnésium est utilisée comme diluant, les titres en spores charbonneuses devront être doublés lors de la préparation du vaccin pour que, une heure et demi après reconstitution, le titre de 5×10^6 par dose vaccinale soit garanti.

Cette contrainte, si elle augmente sensiblement le prix de revient d'un tel vaccin, offre par contre la certitude de résultats vaccinaux satis-

faisants, à la suite de la seule et unique intervention qui est de règle dans les conditions de la prophylaxie médicale en région d'élevage extensif.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le Directeur du Laboratoire de Fărca, le Docteur A. PROVOST, pour nous avoir permis de mener à bien ce travail.

SUMMARY

Practical consequences of freeze drying of *Bacillus anthracis* spores

Freeze drying trials of *Bacillus anthracis* spores (STERNE'S strain) showed that the percentage of living spores after lyophilization depends on the freeze drying medium: skim milk and the Weybridge medium give a better protection than the neopeptone medium.

The lyophilized spores have a decreased resistance and the percentage of living spores after reconstitution depends on the rehydrating solution: physiologic saline has no harmful effect in opposition with the magnesium sulfate solution which destroys 50 per cent of the spores.

RESUMEN

Consecuencias prácticas de la liofilización de las esporas de *Bacillus anthracis*

Ensayos de liofilización de las esporas de *Bacillus anthracis* (cepa de STERNE) mostrarán que el porcentaje de esporas viables depende de los medios utilizados: la leche desnatada y el medio de Weybridge se revelan buenos protectores en contra al medio con neopeptone.

Las esporas liofilizadas no son tanto resistentes y el porcentaje de esporas después de la reconstitución depende del diluyente: el suero fisiológico no está nocivo pero una solución de sulfato de magnesio destruye 50 por ciento de las esporas.

BIBLIOGRAPHIE

1. ALBOIU (M.), SERBAN (M.), PRODAN (D.). Est-ce qu'on peut créer des souches bactériennes résistantes à l'action destructrice de la lyophilisation ? (en roumain). *Lucr. Inst. Cerc. vet. Biopr. Pasteur*, 1969/1970, 7 : 231-241.
2. ALBOIU (M.), SERBAN (M.), PRODAN (D.). Influence de la lyophilisation sur la résistance des spores de *Bacillus anthracis* (en roumain). *Lucr. Inst. Cerc. vet. Biopr. Pasteur*, 1970, 8 : 189-206.

3. BOYCE (K. J.), EDGAR (A. W.). Production of freeze dried *Brucella abortus* strain 19 vaccine. *J. appl. Bact.*, 1966, **29** : 401-408.
4. O. M. S. Normes relatives au vaccin anticharbonneux sporulé (vivant, à usage vétérinaire) 19^e rapport des experts de la standardisation biologique, Genève, O. M. S., 1967 (rapport n° 361).
5. O. M. S. La rage : technique de laboratoire. Genève, O. M. S., 1967, n° 23.
6. PROVOST (A.). Principe de production d'un vaccin mixte associé antibovipestique antipéripleurmonie inoculé en un seul temps. *Bull. epizoot. Dis. Afr.*, 1969, **17** : 7-10.
7. PROVOST (A.). Activité thermoprotectrice de la solution molaire de sulfate de magnésium sur l'inactivation thermique de *Mycoplasma mycoides* en phase liquide. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 1970, **270 D** : 3156-3157.
8. PROVOST (A.). Résultats et perspectives de l'application de vaccins nouveaux dans la péripleurmonie. *II^e conf. int. Inst. Méd. vét. trop.*, Berlin, 4-7 octobre 1976.
9. PROVOST (A.), BORREDON (C.). Un vaccin mixte antibovipestique-antipéripleurmonique lyophilisé utilisable sur le terrain sans réfrigération. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1974, **27** (3) : 251-263.
10. PROVOST (A.), BORREDON (C.), BOCQUET (P.). Un vaccin mixte trivalent contre la peste bovine, la péripleurmonie et le charbon bactérien. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1974, **27** (4) : 385-395.
11. RAMYAR (H.), BAHARSEFAT (M.). A new approach to active immunization of sheep by a combined sheep-pox and anthrax vaccine. *Arch. Inst. Razi*, 1970, **22** : 123-128.
12. ROBIN (P.), BOURDIN (P.). Note sur l'action du sulfate de sodium, du sulfate de magnésium et du chlorure de magnésium sur le virus de la peste bovine adapté aux cultures cellulaires. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1966, **19** : 451-456.
13. SIROL (J.), DELPY (P.), GUARD (O.). Une épidémie de charbon humain : à propos de 25 cas observés à l'hôpital de Fort-Lamy, Tchad. *Presse Méd.*, 1971, **79** : 1635-1638.
14. STERNE (M.). The use of anthrax vaccine prepared from avirulent (uncapsulated) variants of *Bacillus anthracis*. *Onderstepoort J. vet. Sci.*, 1939, **13** : 307-312.

Enquête sérologique sur la brucellose du dromadaire en Ethiopie

par J. DOMENECH (*)

RÉSUMÉ

Une enquête sérologique sur la brucellose du dromadaire en Ethiopie montre un pourcentage de sérums positifs égal à 4,4 p. 100 si on prend un seuil de 30 UI par ml, ou de 0,9 p. 100 au seuil de 100 UI par ml.

INTRODUCTION

Dans le cadre d'une vaste étude sur l'élevage et la pathologie du dromadaire en Ethiopie, commencée en 1973, un certain nombre de sérums ont été collectés par le Dr D. RICHARD dans toutes les zones d'élevage camelin du pays (3).

Il a paru intéressant de rechercher quelle était l'importance de la brucellose, étant donné que le lait de chamelle tient une grande place dans l'alimentation des éleveurs nomades somali.

977 sérums ont donc été analysés, et les résultats sont présentés dans cette note.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les 977 sérums ont été récoltés dans divers villages des provinces du Sidamo, du Harrar, du Tigre et de l'Erythrée.

La réaction de la séroagglutination lente en tubes, de Wright, a été effectuée avec un antigène agglutinant le sérum international ++ au 1/650 (antigène R. BELLON, France) (1, 2).

Les résultats sont notés positifs si on observe 50 p. 100 d'agglutination à la dilution finale du 1/20 (30 UI) ou au-dessus, et douteux au 1/10 (15 UI).

(*) Veterinary Institute, Mission Vétérinaire Française en Ethiopie, P. O. Box 19, Debré-Zeit (Ethiopie).

Adresse actuelle : Laboratoire de Farcha, B. P. 433, N'Djamena (Tchad).

RÉSULTATS. DISCUSSION

Les résultats sont exposés dans le tableau I.

TABLEAU N° I - La brucellose du dromadaire en Ethiopie : enquête sérologique.

Province	Nombre sérums	Négatif	Douteux	Positifs					Total positif	Pourcentage positif
				1/20	1/40	1/80	1/160	1/320		
Sidamo	743	672	32	20	11	3	0	5	39	5,2
Harrar	116	112	2	1	0	0	0	1	2	1,7
Erythree	60	58	1	1	0	0	0	0	1	1,6
Tigre	58	50	7	1	0	0	0	0	1	1,7
Total	977	892	42	23	11	3	0	6	43	4,4

Sur 977 sérums analysés, 43 sont positifs à une dilution du 1/20 ou plus, soit 4,4 p. 100.

Si on choisissait comme seuil de positivité, la dilution du 1/80 (120 UI), le nombre de sérums positifs ne serait plus que de 9, soit à peine 0,9 p. 100 (2).

On peut donc conclure que la brucellose n'est pas un problème très important chez le dromadaire en Ethiopie. Cela recoupe les résultats des enquêtes faites auprès des éleveurs qui ne signalent pas les avortements contagieux comme très fréquents.

CONCLUSION

Avec un taux de positivité de 4,4 p. 100, la brucellose ne paraît pas être une composante majeure de la pathologie du dromadaire en Ethiopie.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le Dr D. RICHARD qui a collecté les sérums analysés au Laboratoire, ainsi que les Dr M. VIGIER et J. FIKRE, directeurs du Veterinary Institute de Debre-Zeit, pour nous avoir permis de mener à bien cette étude.

SUMMARY

Serological survey of one humped camel brucellosis in Ethiopia

A serological survey of one humped camel brucellosis in Ethiopia has shown that :

- with a positive of level of 30 UI per ml, 4,4 p. 100 of the camels were positive ;
- with a positive level of 100 UI per ml, only 0,9 p. 100 of the camels were positive.

RESUMEN

Encuesta serologica sobre la brucelosis del dromedario en Etiopia

Una encuesta serologica sobre la brucelosis del dromedario en Etiopia ha mostrado un porcentaje de 4,4 p. 100 de positivos con un umbral de 30 UI por ml, o de 0,9 p. 100 con un umbral de 100 UI por ml.

BIBLIOGRAPHIE

1. ALTON (G. G.), JONES (L. M.). La brucellose. Techniques de Laboratoire. Genève, O. M. S., 1968 (Monographie n° 55).
2. RENOUX (G.), GAUMONT (R.). Pathologie de la production du lait. II. Méthodes de diagnostic biologique des brucelloses animales. Cahiers Techniques du C. N. E. R. N. A., 1966.
3. RICHARD (D.). Etude de la pathologie du dromadaire dans la sous province du Borana (Ethiopie). Thèse. Doct. vét. Alfort, 1975, n° 75.

Sérologie de la péripneumonie Utilisation du matériel « Microtiter » dans une microréaction de fixation du complément selon la méthode de Kolmer

par M. P. DOUTRE (*) et B. TOURE (**)

RÉSUMÉ

Le matériel « Microtiter » est employé dans la réalisation d'une microréaction de fixation du complément. Les différents temps de la méthode font l'objet d'une description détaillée.

Cette microtechnique, sensible et fidèle, très standardisée, d'exécution rapide et aisée, permet de traiter un nombre important de sérums en utilisant de petites quantités de réactifs. Son utilisation est néanmoins limitée au cadre d'un laboratoire normalement équipé.

La sérologie de la péripneumonie bovine, tout particulièrement en Australie et en Afrique tropicale, a donné lieu à maints développements au cours des récentes décennies. Les méthodes présentées par de nombreux auteurs ont toutes contribué à faciliter le diagnostic de la maladie et à mieux connaître la cinétique des anticorps sériques ou le devenir des substances antigéniques élaborées pendant l'affection. Dans cet ensemble, la fixation du complément (FC) demeure le test le plus communément pratiqué lorsqu'il est impératif de préciser l'extension d'un foyer, de suivre le déroulement d'une épreuve d'immunité, etc...

Les plaques en plexiglas type O. M. S. (80 cupules) ont été utilisées par PERREAU, dans une réaction d'hémagglutination indirecte (7), par PROVOST en fixation du complément selon CAMPBELL et TURNER (9, 10) et par KARST (5). Actuellement, les microplaques (96 cupules) retiennent le choix. PEARSON et

McPHERSON (6) et PERREAU (8) les emploient dans une microréaction de FC selon CAMPBELL et TURNER, ainsi que SCUDAMORE (12) qui utilise une microréaction de FC à chaud nécessitant une centrifugation avant lecture.

L'emploi du matériel « Microtiter » a connu ces dernières années une large diffusion en sérologie virale et bactérienne, humaine ou animale (2, 3, 11). Le texte qui suit présente une technique de microréaction de FC à froid, dérivée de la méthode classique de KOLMER, exécutée avec ce matériel.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

A. MATÉRIEL

Les accessoires utilisés : microplaques, compte gouttes (25 et 50 µl), adhésif, etc... sont désormais classiques (*).

(*) Chef du Service de Bactériologie. Laboratoire national de l'Élevage et de Recherches vétérinaires (I. S. R. A.), B. P. 2057, Dakar Hann, Sénégal.

(**) Technicien supérieur. Laboratoire National de l'Élevage et de Recherches Vétérinaires (I. S. R. A.).

(*) Cooke Engineering Company, Medical Research Division, 735 North Saint Asaph Street, Alexandria, Virginia 22314. Représenté en France par Poly-Labo, Paul Block et Cie, 305 route de Colmar, 67023 Strasbourg Cedex.

Deux doivent néanmoins être mentionnés :

- le manche pour micro-dilueurs « Multi »,
- le micro-agitateur AM69 pour 4 plaques :

l'agitation manuelle dans un plan horizontal étant insuffisante pour la bonne diffusion des réactifs et du couple hémolytique.

Produits biologiques et réactifs

— *Sérums à analyser* : sang recueilli le plus stérilement possible pour diminuer le nombre de sérums anticomplémentaires. Au laboratoire, les sérums sont séparés par centrifugation.

— *Tampon véronal-calcium-magnésium*

— *Antigène* : préparé selon la technique de CAMPBELL et TURNER (1). Le surnageant d'un lot ancien est tout particulièrement recommandé.

— *Complément* : lyophilisé ou frais, mais de bon titre.

— *Sérum hémolytique* de lapin anti-hématies de mouton.

— *Hématies de mouton* : le protocole suivant est préconisé (4). Utiliser toujours la même brebis. Avec une seringue de 50 ml, contenant 25 ml de solution d'Alsever, récolter stérilement 25 ml de sang ; mettre les 50 ml dans un ballon stérile. Attendre au moins 3 jours avant d'utiliser les hématies, les laver alors 3 fois par centrifugations successives en tampon.

On utilise dans la réaction une suspension à environ 3 p. 100. Pour plus de précision, il est recommandé de standardiser la suspension en procédant aux opérations qui suivent :

— à partir de 5 ml de culot d'hématies, après lavage, préparer 50 ml de suspension d'hématies,

— utiliser le spectrophotomètre (au laboratoire de Dakar : Beckman, model 25, U. S. A.) à 540 m μ de longueur d'onde, étalonner le 0 avec une solution de carbonate de sodium (Na₂CO₃) au 1 p. 1 000,

— mesurer le pouvoir d'absorption :

suspension d'hématies : 0,1 ml,
solution de Na₂CO₃ : 4,8 ml.

L'absorption finale doit être de 135 ± 5 .

Le volume V de la suspension d'hématies à préparer pour obtenir 135 est ainsi calculé :

$$V = \frac{\text{absorption lue}}{135} \times \text{volume de la suspension à titrer.}$$

Lorsque la suspension définitive d'hématies est obtenue, vérifier que :

suspension définitive d'hématies : 0,1 ml,
solution Na₂CO₃ : 4,8 ml.

ont un pouvoir d'absorption de 135 ± 5 . Faire 2 lectures.

Conservation au frigidaire de cette suspension d'hématies.

B. MÉTHODE

La disposition des plaques de microtitration est qualifiée : d'« horizontale » lorsque la longueur est placée de gauche à droite de l'opérateur, de « verticale » lorsque la largeur occupe cette situation.

1) Titrage du système hémolytique

Le titrage d'un sérum hémolytique s'est révélé très difficile à réaliser en microtiter. Après différents essais, le sérum hémolytique est employé à la dilution de 1 p. 1 000 pour une suspension d'hématies de mouton présentant un pouvoir d'absorption de 135 ± 5 . La sensibilisation des hématies est effectuée en mélangeant à volumes égaux sérum hémolytique à 1 p. 1 000 et suspension d'hématies à 135 ± 5 d'absorption. Dans toutes les réactions le couple hémolytique est ajouté sous un volume de 25 μ l.

2) Titrage du complément

Préparer sous le plus petit volume nécessaire et suffisant (économie du réactif) une solution au 1/15, au 1/20 et au 1/25 du complément.

Dilution du complément

La plaque est tenue « verticale ».

— Partager la plaque en 3 zones en traçant au crayon feutre 2 lignes entre les rangées 4 et 5 et 8 et 9 (fig. 1).

— Distribuer 50 μ l de tampon dans toutes les cupules, sauf celles de la rangée « verticale » H.

— Distribuer 50 μ l de complément dans les 2 premières rangées « verticales » H et G :

au 1/15 dans les cupules G1 à G4 et H1 à H4,

au 1/20 dans les cupules G5 à G8 et H5 à H8.

au 1/25 dans les cupules G9 à G12 et H9 à H12,

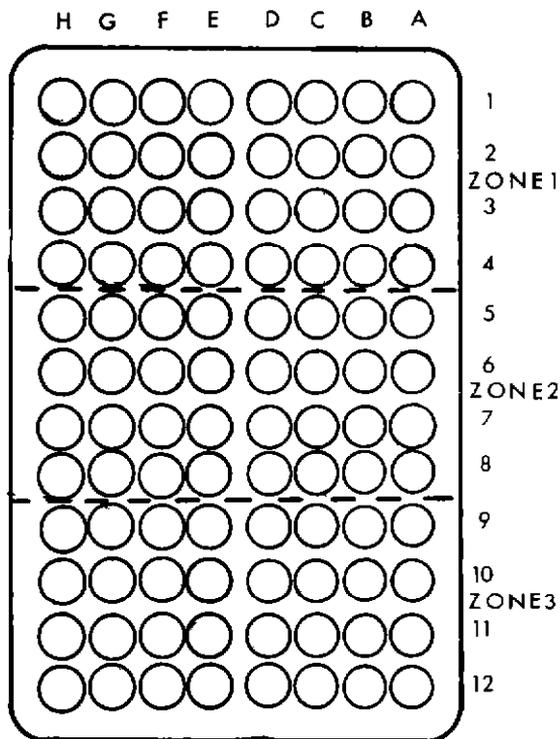


Fig. 1. — Dilution du complément pour son titrage.

— Diluer avec les microdilueurs de 50 µl, montés sur le manche, de la rangée G à la rangée A, en passant par les rangées « verticales » intermédiaires F, E, D...A.

Ainsi de gauche à droite, dans la zone I, le complément se trouve réparti à des dilutions multiples du 1/15, sous un volume de 50 µl, à raison de 4 cupules pour chaque dilution ; dans la zone 2, à des dilutions multiples du 1/20 ; dans la zone 3, à des dilutions multiples du 1/25.

Titration (fig. 2)

- Ajouter dans chaque cupule :
25 µl de tampon,
25 µl d'antigène titré (1/20, voir plus loin).
- Recouvrir la plaque d'adhésif auto-collant.
- Placer quelques secondes sur le vibreur.
- Incuber 1 h à 37 °C au bain-marie.
- Ajouter 25 µl de système hémolytique par cupule.
- Recouvrir la plaque d'adhésif au-collant.
- Placer quelques secondes sur le vibreur.
- Incuber 1 h à 37 °C au bain-marie.
- Lire 2 à 3 h après au miroir de lecture.

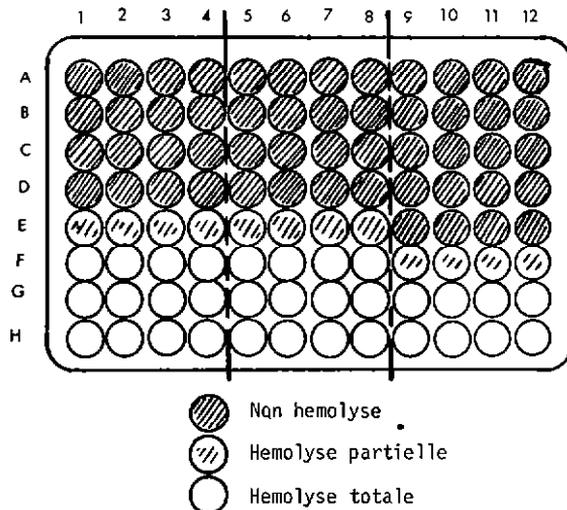


Fig. 2. — Titration du complément.

Le titre du complément correspond à la dilution maximale dans les 4 cupules où l'hémolyse est totale (ex. : titre au 1/80 : cupules F5 à F8 ; au 1/100 : F9 à F12 ; au 1/60 : F1 à F4, etc...). On utilise, pour la réaction, le complément à 2 unités : Exemple : si le titre est le 1/80, utiliser le 1/40.

3) Titration de l'antigène (fig. 3)

La plaque est tenue de façon « horizontale ».

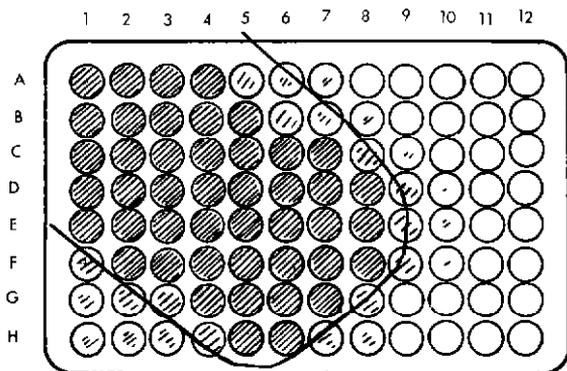


Fig. 3. — Titration de l'antigène (voir texte).

Disposer d'un sérum étalon décomplémenté de titre connu (ex. 1/640). Préparer la dilution au 1/5 de ce sérum.

- Distribuer 25 µl de tampon dans toutes les cupules, sauf celles de la rangée « verticale » 1.
- Distribuer 25 µl de sérum étalon au 1/5 dans les deux premières rangées « verticales » 1 et 2.

— Diluer avec 8 microdilueurs de 25 μ l, montés sur le manche, de la rangée « verticale » 2 à la rangée 12, en passant par les rangées « verticales » intermédiaires 3 à 12.

Préparer 8 dilutions d'antigène situées de part et d'autre d'une dilution optimale, ex : 1/5, 1/10, 1/20...1/640.

— Répartir 25 μ l par cupule de l'antigène au 1/640 dans la rangée « horizontale » H ; 25 μ l par cupule de l'antigène au 1/320 dans la rangée « horizontale » G, etc... 25 μ l par cupule de l'antigène au 1/5 dans la rangée « horizontale » A,

— Ajouter le complément à un titre moyen (2 U) sous un volume de 50 μ l par cupule.

— Recouvrir la plaque d'adhésif auto-collant.

— Placer quelques secondes sur le vibreur.

— Incuber 1 h à 37 °C au bain-marie.

— Ajouter 25 μ l de système hémolytique par cupule etc... ; comme ci-dessus : adhésif, vibreur, incubation 1 h à 37 °C, lecture 2 à 3 h plus tard.

Le titre de l'antigène correspond à la plus forte dilution donnant le titre exact du sérum étalon, sans hémolyse dans les premières cupules de la rangée horizontale.

La figure 3 représente un titrage d'antigène réalisé comme ci-dessus. Les rangées A et B révèlent un excès d'antigène, les rangées D, E, F, G un manque croissant, avec hémolyse dans les premières cupules. Le titre à retenir correspond à la ligne D, soit la dilution du 1/20. L'antigène utilisé à une dilution supérieure dans la réalisation de la réaction entraînerait la formation d'un *faux phénomène de zone* pour les basses dilutions du sérum. La courbe classique a été surimposée sur la figure. L'utilisation de dilutions plus serrées de l'antigène, trop proches du 1/20, n'aurait pas permis la mise en évidence des différentes zones (excès, quantité optimale manque d'antigène).

4) Exécution de la réaction

Deux solutions sont proposées :

— exécution de la réaction avec un seul témoin sérum (à la dilution du 1/10). Dans ce cas, la recherche des anticorps se poursuit jusqu'à la dilution 1/5 120 ;

— exécution de la réaction avec un témoin sérum pour chaque dilution. Dans ce cas, la

recherche des anticorps ne dépasse pas la dilution du 1/160 (à moins que l'on accepte de placer des plaques bout à bout).

En effet, en péripneumonie bovine et dans les conditions de récolte des prélèvements en brousse il arrive souvent qu'un sérum, anti-complémentaire aux basses dilutions, soit positif et non anticomplémentaire aux dilutions supérieures.

a) Exécution de la réaction avec un seul témoin sérum (à la dilution du 1/10) (fig. 4).

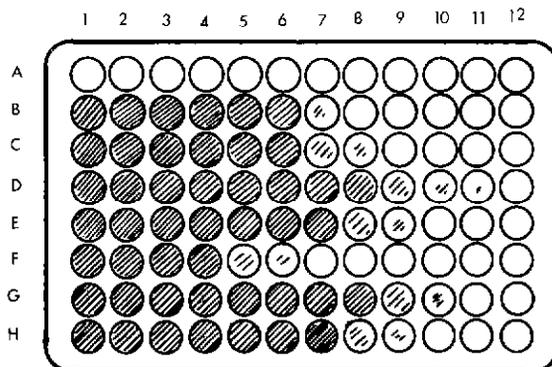


Fig. 4. — Titrage de différents sérums avec témoin sérum à la dilution du 1/10 (ligne A : sérum négatif).

— Diluer les sérums au 1/5 en tampon et décomplémenter cette dilution (30 mn à 58-60 °C).

— La plaque est tenue de façon « horizontale » (les sérums sont supposés offrir un titre élevé, 7 sérums + 1 sérum positif de référence sont étudiés par plaque, jusqu'à la dilution du 1/5 120 ; dans le cas contraire, la plaque peut être tenue « verticale » et permet de traiter 11 sérums + 1 sérum positif de référence, jusqu'à la dilution du 1/320.

— Distribuer (à l'aide des compte-gouttes en plastique à usage unique), pour chaque sérum, 25 μ l de la dilution au 1/5 dans la première cupule (ex. : A1), dans la seconde cupule (A2) et dans la dernière (A12) (témoin sérum anticomplémentaire) d'une même rangée « horizontale » ; le second sérum se place en B1, B2, B12, etc...

— Ne pas oublier le ou les sérums de référence.

— Ajouter 25 μ l de tampon dans chaque cupule, sauf celles de la rangée « verticale » 1.

— Diluer avec 8 microdilueurs de 25 μ l, montés sur manche, de la rangée « verticale » 2 à la rangée 11, en passant par les rangées « verti-

cales » intermédiaires 3 à 11 (il est évident que si la plaque avait été tenue « verticale », 12 microdilueurs auraient été employés, de la rangée « verticale » G à la rangée B, la rangée A contenant les témoins sérum).

— Ajouter 25 µl d'antigène titré (1/20) dans toutes les cupules, sauf celles de la dernière rangée « verticale » 12.

— Distribuer 50 µl de complément au titre choisi (2U) dans toutes les cupules. Cette opération doit être faite en fin de journée ouvrable, le complément libre risquant d'être détruit le lendemain matin, malgré la mise à + 4 °C, s'il a été réparti trop tôt.

Etc... adhésif, vibreur, incubation une nuit à + 4 °C, système hémolytique, adhésif, vibreur, incubation 30 mn au bain-marie à 37 °C, la lecture 2 à 3 h plus tard. Bien observer le comportement des témoins sérums au 1/10 (rangée « verticale » 12).

b) Exécution de la réaction avec un témoin sérum pour chaque dilution (fig. 5).

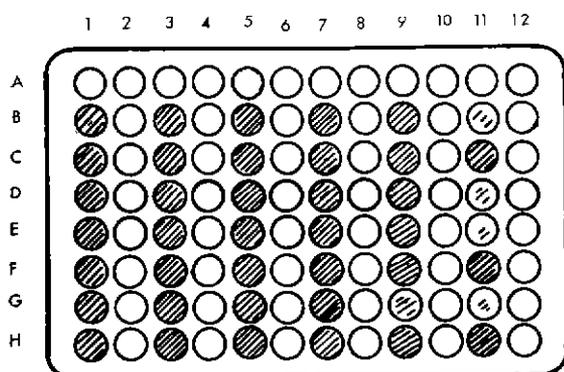


Fig. 5. — Titrage de différents sérums avec témoin sérum pour chaque dilution (ligne A : sérum négatif).

Dans ce cas, la plaque est tenue obligatoirement « horizontale ».

— Distribuer, pour chaque sérum, 25 µl de la dilution au 1/5 dans les 4 premières cupules d'une même rangée horizontale (ex. : A1, A2, A3, A4) ; le second sérum se place en B1, B2, B3, B4, etc...

— Ne pas oublier le ou les sérums de référence,

— Ajouter 25 µl de tampon dans chaque cupule, sauf celles de la rangée « verticale » 1 et 2.

— Diluer avec 8 microdilueurs de 25 µl, montés sur manche, de la rangée « verticale » 3 à la rangée 11, en passant par les rangées inter-

médiaires 5, 7, 9. Rincer et sécher à la flamme les microdilueurs, puis effectuer une nouvelle série de dilutions de la rangée 4 à la rangée 12, en passant par les rangées intermédiaires 6, 8, 10.

— Ajouter 25 µl d'antigène au titre choisi dans toutes les cupules des rangées « verticales » impaires et 25 µl de tampon dans celles des rangées paires.

Etc... La suite des manipulations comme ci-dessus (a).

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

L'interprétation des résultats est identique à celle déjà connue de la fixation du complément en tubes, selon KOLMER, à savoir : est considéré comme positif tout sérum ++++ au 1/80, et douteux, tout sérum ++++ au 1/40.

DISCUSSION

Les avantages de la microréaction de fixation du complément, dérivée de la méthode de KOLMER, sur la technique classique en tubes sont les suivants :

— *Economie des réactifs utilisés.* En péripneumonie bovine, ces derniers sont généralement d'un prix de revient faible ; néanmoins dans les pays tropicaux, le titre du complément lyophilisé subit très souvent une forte chute pendant le transport par voie aérienne (élévation de température) en dépit des précautions prises, aussi peut-on rechercher à économiser un complément de haut titre.

— *Rapidité d'exécution des manipulations,* grâce à la réalisation semi-automatique des dilutions par l'emploi des microdilueurs montés sur manche, d'où possibilité de traiter en un temps minimal un nombre de sérums élevé. L'exécution de la réaction, telle qu'elle vient d'être décrite, concerne des sérums titrés pour un ensemble de dilutions croissantes, jusqu'à la limite de positivité et au-delà. Ce type de tirage est valable lorsque l'on tient à connaître le taux d'anticorps au cours d'une expérimentation. Lorsque l'on s'attache uniquement à déceler la maladie dans un groupe d'animaux, les plaques peuvent être fractionnées selon la volonté de l'opérateur et seules quelques dilutions bien déterminées (1/40, 1/80) peuvent être retenues.

Les manipulations sont faciles à réaliser et un technicien ordinaire acquiert très rapidement

le « coup de main » que réclame le matériel « microtiter » (micropipettes, microdilueurs, etc.). L'utilisation des divers accessoires et leur entretien obéissent à des règles strictes, annoncées par le fabricant, qui doivent être impérativement respectées (microdilueurs).

Le complément titré doit être réparti en fin de journée ouvrable, comme il a été dit ci-dessus. Si cette condition est observée, un nombre important de plaques peut être utilisé au cours de la même séance. La fixation à froid peut être réalisée dans un frigidaire ordinaire, avec un encombrement minimal, les plaques s'empilant aisément les unes sur les autres grâce à un système de tétons. La cellophane adhésive, qui obture de façon étanche les cupules, évite

toute dessiccation possible. Le miroir grossissant rend la lecture facile avec un peu d'habitude.

— *La standardisation* diminue les risques d'erreur et la méthode est sensible et fidèle.

Au chapitre des inconvénients, le coût du matériel ne doit pas être retenu. L'amortissement étant assuré par la multiplicité des usages auxquels il se prête. Par contre, au passif, on doit reconnaître que ce type de microréaction réclame, pour son exécution, le confort, le calme et l'équipement général d'un laboratoire, aussi ne peut-elle être accomplie sur le terrain. De même doit-on noter la nécessité de disposer d'un complément d'excellent titre, comme dans la réaction classique de CAMPBELL et TURNER.

SUMMARY

Serology of contagious bovine pleuropneumonia a Kolmer microtiter complement fixation test

« Microtiter » system is employed in a complement fixation microtechnique. The various phases of the technical process are described in details. This sensitive and constant microtechnique can be easily performed and allows serial serological diagnosis with saving of biological reagents. Its use is restricted to a normally equipped laboratory.

RESUMEN

Serologia de la perineumonía. Utilización del material « Microtiter » para una microrreacción de fijación del complemento según el método de Kolmer

Se utiliza el material « Microtiter » para realizar una microrreacción de fijación del complemento. Se describen en detalle las diferentes fases del método.

Dicha microtécnica, sensible y fiel, muy unificada, de ejecución rápida y fácil, permite el tratamiento de un gran número de sueros al utilizar pequeñas cantidades de reactivos. Sin embargo, no puede ser utilizada más que en un laboratorio normalmente equipado.

BIBLIOGRAPHIE

- CAMPBELL (A. D.), TURNER (A. W.). Studies on contagious pleuropneumonia of cattle. An improved complement-fixation test. *Aust. vet. J.*, 1953, 29 (6) : 154-163.
- CONRATH (T. B.). Handbook of microtiter procedures. Cambridge, Mass., Dynatech Corpor., 1972, 475 p.
- ELLIS (E. M.). Microtiter serologic techniques for diagnostic bacteriology. Proc. 77th annual Meet. U.S. anim. Hlth Ass., 1973 (publié 1974) 77 : 563-581.
- FENSTERBANK (R.). — Com. person., 1975.
- KARST (O.). Contagious bovine pleuropneumonia : a plate complement fixation test employed at the Federal Department of Veterinary Research, Vom. *Bull. epiz. Dis. Afr.*, 1970, 18 (1) : 5-11.
- PEARSON (C. W.), MCPHEARSON (G.). A modified complement fixation test for contagious bovine pleuropneumonia. *Aust. vet. J.*, 1966, 42 (9) : 324-327.
- PERREAU (P.), PROVOST (A.), REGNOULT (R.), ORUE (J.). Valeur de la réaction d'hémagglutination indirecte dans la péripleurésie bovine. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1964, 17 (1) : 5-14.
- PERREAU (P.). Le diagnostic sérologique de la péripleurésie. Progrès techniques actuels. *Bull. Off. int. Epizoot.*, 1975, 84 : 349-358.
- PROVOST (A.). Adaptation sur plaques de la réaction de fixation du complément pour la péripleurésie : application à la décentralisation du diagnostic. — Rapport à la IV^e réunion groupe Experts F. A. O./O. I. E./O. U. A. sur la péripleurésie bovine contagieuse, Paris, 15-20 mars 1971. *Bull. Epiz. Afr.*, 1972 (n^o sp. juin) : 13-22.
- PROVOST (A.). Recherches immunologiques sur la péripleurésie. XIV. Description de deux techniques applicables sur le terrain pour le diagnostic de la maladie. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1972, 25 (4) : 475-496.
- RENOUX (G.), PLOMMET (M.), PHILIPPON (A.). Microréactions d'agglutination et de fixation du complément pour le diagnostic des brucelloses. *Ann. Rech. vét.*, 1971, 2 (2) : 263-269.
- SCUDAMORE (J. M.). Evaluation of the field C. F. T. in the diagnostic and control of C. B. P. P. *Trop. anim. Hlth Prod.*, 1975, 7 (2) : 73-79.

Epidemiology of heartwater in Nigeria

by A. A. ILEMOBADE and P. LEEFLANG (*)

RÉSUMÉ

Des études épidémiologiques et essais au laboratoire ont montré qu'*Amblyomma variegatum* est un vecteur de *Cowdria ruminantium*, organisme causal de la cowdriose au Nigeria.

L'infection initiale des tiques était réalisée en utilisant des larves et des nymphes d'*A. variegatum*. La transmission trans-stadiale n'a pu être démontrée.

Bien qu'au laboratoire aucune différence n'ait été observée entre nymphes mâles et femelles quant à leur capacité relative de transmettre *C. ruminantium*, les résultats des études sur le terrain ont suggéré que, dans la nature, les femelles jouent un rôle plus important dans la transmission du pathogène que les autres stades.

Il a été démontré qu'une seule femelle d'*A. variegatum* est capable de transmettre l'infection ; les tiques mâles peuvent également transmettre le parasite, mais ils le font moins régulièrement que les femelles.

A propos d'une épidémie survenue dans un centre de recherches, le rôle que certains animaux, autres que les tiques, pourraient avoir joué dans l'épidémiologie de la cowdriose, a été discuté. Dans ce cas particulier, certains rongeurs pourraient avoir servi de réservoir d'infection.

INTRODUCTION

The widespread distribution of heartwater (*Cowdria ruminantium* infection) in Nigeria has long been recognized (2) but its importance in the livestock development has not fully been appreciated. Recently, however, large-scale projects involving improvement of indigenous ruminant production and importation of exotic breeds of cattle and sheep, have been embarked upon by Federal and State governments and heartwater has proved to be one of the restraining factors. Consequently, efforts are being made to control the disease.

Up till now, the epidemiology of heartwater in Nigeria has received only casual attention. In order to establish a rational basis for control, therefore, an understanding of the epidemiology of the disease under Nigerian conditions is a pre-requisite.

MATERIALS AND METHODS

The tick, *Amblyomma variegatum*, has been incriminated in the transmission of heartwater in Nigeria without substantial evidence (2). This link between *A. variegatum* and heartwater appears to be based on « guilt by association » rather than any systematic investigation. In attempting to establish the role of *A. variegatum* in the epidemiology of the disease in Nigeria, therefore, the basic criteria listed by BARNETT (3) for incriminating a specific arthropod with transmission of any causative agent of a disease were adopted. Essentially, these are :

a) biological association of *A. variegatum* infestation of, and occurrence of clinical or subclinical heartwater infection in, ruminants ;

b) demonstration of *C. ruminantium* in *A. variegatum* under natural conditions, and

c) transmission of heartwater by *A. variegatum* under controlled conditions.

(*) Department of Parasitology and Entomology, Faculty of Veterinary Medicine, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria.

Experimental animals

Initially, Yankassa sheep (10) obtained from Jibiya in Katsina province were used for the isolation of *C. ruminantium*. Later, because these sheep showed variable susceptibility to the pathogen, cross-bred Friesian-Zebu calves raised under tick-controlled conditions, and brown goats, a variety of Red Sokoto (10), obtained locally from Zaria area, were the only animals used later. Experiments have shown that the brown goats and cross-bred calves are highly and uniformly susceptible to heartwater with mortality of 100 p. 100 (6).

On arrival in the laboratory, all animals were routinely treated with a therapeutic dose of Thiabendazole (Merck Sharp and Dohme), sprayed against ticks and subsequently kept in a tick-free facility. Blood smears from all animals were routinely examined every week for the presence of blood parasites. Two to 3 weeks elapsed before the animals were used and they were in apparently healthy conditions at the start of the experiments.

Strain of *Cowdria ruminantium*

The strain of *C. ruminantium* used in the transmission experiments was isolated from a cow showing clinical signs of heartwater. The strain, designated D225, was passaged through goats and subsequently preserved at low temperatures (7).

Experimental procedures

1) *Biological association of A. variegatum infestation of, and occurrence of clinical or subclinical heartwater infection in, ruminants*

The seasonal incidence of *A. variegatum* in northern Nigeria and in particular with reference to the Zaria area has been reported by MOHAMMED (11). This information was used along with personal field observations.

The incidence of heartwater was based on laboratory examination of brain specimens from animals presented for necropsy at the department of Veterinary Pathology, Ahmadu Bello University (ABU), Zaria, during the period 1971-75 (table 1). The sample originated from local and research farms around Zaria. The problems of field diagnosis has led to restriction of data collection to these locations. In order to make interpretation of the small number of data more acceptable and minimize bias, therefore, incidence of heartwater was also based on whether or not the disease was diagnosed in a particular month per 5 year period (1971-75).

Squash smears were made from the cerebrum of brain specimens according to the method described for cerebral babesiosis by LEE-FLANG (8), stained with Giemsa solution and examined microscopically ($\times 790$) for the presence of *C. ruminantium*.

In addition, a record was kept during the years 1974 and 1975 of those animals which

TABLE 1 Seasonal incidence of heartwater based on brain specimens presented for laboratory diagnosis.

Month	1971	1972	1973	1974	1975	Total for 5-year period	Monthly diagnosis of heartwater per 5-year period.
January	0	0	6	0	0	6	1/5
February	0	0	3	0	0	3	1/5
March	0	0	0	0	1	1	1/5
April	0	0	0	1	0	1	1/5
May	0	0	0	5	1	6	2/5
June	0	1	0	7	1	9	3/5
July	2	1	1	3	2	9	5/5
August	1	0	1	0	1	3	3/5
September	0	1	0	0	2	3	2/5
October	2	0	0	0	2	4	2/5
November	0	2	0	0	2	4	2/5
December	1	0	0	3	1	5	3/5

died of heartwater and the proportion of those infested with adult *A. variegatum* was recorded (table 2).

TABLE 2 The relationship of animals which died of heartwater and the proportion infested with adult *Amblyomma variegatum* (1974-1975)

Month	N° of animals which died of heartwater	N° infested with adult <i>A. variegatum</i>
January	0	0
February	0	0
March	1	0
April	1	1
May	6	5
June	8	6
July	5	5
August	1	0
September	2	0
October	2	0
November	2	0
December	4	0

2) Demonstration of *C. ruminantium* in *A. variegatum* under natural conditions

Samples of partially engorged adult *A. variegatum* were collected from apparently healthy cattle and also from animals which died of heartwater (table 3).

TABLE 3 Experimental initiation of heartwater in sheep and cattle with the suspension of adult *Amblyomma variegatum* collected from the field

Origin of ticks	Animal inoculated	Result
Collected on heartwater positive cow	Sheep 516	Reacted thermally and recovered ^a
Collected on trade cattle	Sheep 561	Died of heartwater
Collected on breeding cattle	Sheep 567	N° reaction ^b
	Sheep 512	Died of immediate shock
Collected on heartwater-positive cow	Ox 522	Died of immediate shock
	Ox 525	Died of immediate shock

^a was positive for heartwater on blood subinoculation

^b animal proved resistant on challenge inoculation.

Approximately 70 p. 100 of the ticks in each batch were males and the rest were females. They were kept in an incubator maintained at 28 °C and relative humidity (RH) of 80-95 p. 100 for 4 days. Three females and 7 males from

each batch were randomly selected and were ground up in a mortar with 10 ml cold (4 °C) phosphate buffered saline (PBS) pH 7.3. Sterile sand was added to aid thorough grinding and the final suspension was obtained by filtering the mixture through Whatman grade 1 filter paper. Of each suspension, 2 ml were injected intravenously into individual experimental animals. Due to high mortality resulting from intravenous injection of tick suspension, the experiment was limited to only 4 trials (table 3).

3) Transmission of heartwater by *A. variegatum* under controlled conditions

Four batches of engorged female *A. variegatum* collected from apparently healthy cattle were kept separately in an incubator maintained at 28 °C and RH of 80-95 p. 100. All subsequent stages were reared under the same conditions. Two to 3 weeks after hatching, a random sample of about 300 larvae from each batch was ground up as already described for adults and 5 ml of the suspension injected intravenously into an experimental goat; while a second batch of 300 was allowed to feed on another goat. Using this procedure, it was concluded that neither batch of larvae was infected with *C. ruminantium*. Uninfected nymphs and adults were obtained from a proportion of these larvae by feeding on goats raised free of ticks.

Initiation of infection in ticks with *C. ruminantium* was carried out with larvae and nymphs (table 4). In both cases, the procedure consisted of placing ticks on animals using the ear-bag technique. The animals were infected by intravenous inoculation of D225 stabilate the same or the day previous to placement of ticks. This method was also adopted in the transmission experiments (table 4) except that adults were fed on scrotum of goats using the scrotal-bag technique. It was found that preattachment of males, as has been shown for *Amblyomma hebraeum* by LOUNSBURY (9), was a condition for female attachment in *A. variegatum*. Thus, in general, males were first allowed to attach before females were placed, the period of male attachment varying usually between 2 and 6 days.

Engorged larvae and nymphs were collected daily after they dropped into the bags and were allowed to moult into the next stage. Similarly, engorged females were collected and allowed to lay eggs which hatched into larvae.

TABLE 4 Experimental transmission of heartwater by *Amblyomma variegatum* to bovine and caprine species.

Expt.	Tick Batch	L → X → A → L → N → A					
		L	X	A	L	N	A
1	S1	I 16 (40)	X 13 (16)				
2	S2	I 1331 (1800)	X 15 (20)	X 1F (1F)**	O 721 (550x2)	O 60 (72)	O 3F, 8M (5F, 8M)
			X 72 (100)	X 2F, 4M (2F, 8M)	O 652 (1000)	O 42 (60)	O 2F, 5M (3F, 5M)
3	S3	I 76 (110)	X 20 (26)	X 4F, 5M (4F, 6M)	O 1120 (1400)	O 26 (32)	O 8F, 10M (12F, 12M)
4	S4	O 1400 (1700)	I 140 (198)	X 3F, 9M (5F, 9M)			

* Additional 9 uninfected males were also attached.

L = larvae ; N = nymphs ; A = adults.
 F = female ; M = male.
 I = stage at which infection was initiated.
 X = stage at which infection was transmitted.
 O = stage failing to transmit infection.

Figures are the number of ticks which successfully attached and fed to engorgement, except males.

Figures in parenthesis represent the number of ticks placed.

Experimental animals were infested with the different stages of *A. variegatum* about 2-3 weeks after emergence and the criteria for successful transmission were the presence of clinical signs of heartwater and demonstration of *C. ruminantium* in brain squash smears of infested animals. All animals which did not contract the disease were subsequently challenged with D225 stabilate to establish their susceptibility.

The hypothesis that (a) one infected *A. variegatum* could transmit heartwater (18) and (b) that male ticks could effect heartwater transmission (2) was tested in the following experiments. One of the female ticks (table 4) which had transmitted infection as nymphs was used. Nine uninfected males raised in the laboratory were first allowed to attach on a goat before the female was placed. In the second experiment, 60 males were randomly selected from a batch infected as larvae. Twenty each were placed on 3 susceptible goats.

4) Epidemiology of heartwater under static but improved animal husbandry as obtained on Shika Agricultural Research station, near Zaria

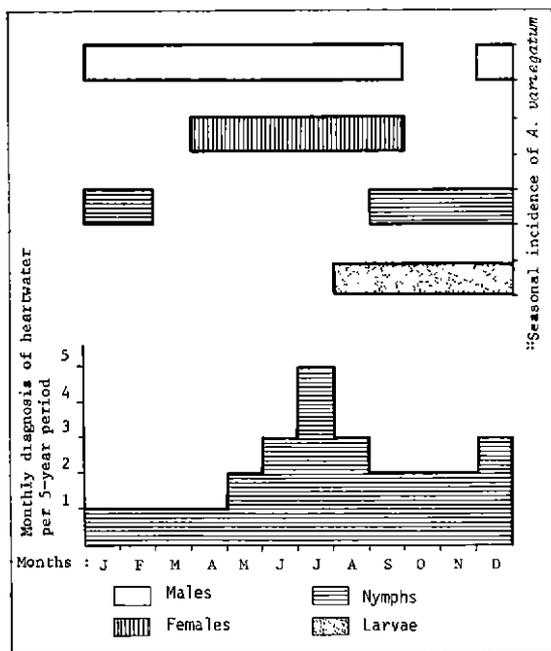
A case study of an outbreak of heartwater on this research station was undertaken as an

example of a situation that can occur under static but improved husbandry system. The farm lies about 22 km north-west of Zaria. Presently, its main function is to provide facilities for research in forage and animal production. At the end of 1973, there were 345 sheep of local breeds (Uda and Yankassa) and 488 cattle of which 21 were purebred Friesians, 250 were Friesian-Zebu cross-breeds and the rest were indigenous Zebu breeds. All animals were maintained under a close system of management. The animals were routinely sprayed against ticks fortnightly or at long intervals during the dry season (November to April) and weekly during the wet season (May to October).

RESULTS

1) Incidence of heartwater in relation to seasonal activity of *A. variegatum*

The seasonal incidence of *A. variegatum* (11) and the incidence of heartwater based on brain smear examination (table 1) have been combined and graphically illustrated in figure 1. Table 2 illustrates the relationship of the animals which died of heartwater and the proportion infested with adult *A. variegatum*.



Based on data of Mohammed (11).

Fig. 1. — Comparative incidence of heartwater over a period of five years and seasonal incidence of *Amblyomma variegatum*.

2) Demonstration of *C. ruminantium* in *A. variegatum* under natural conditions

Inoculation of suspension of adult *A. variegatum* into experimental animals resulted in immediate shock and fatality in 3 out of 6 animals used at different times. The details of the results are presented in table 3. Two of the 3 animals which survived inoculation, contracted heartwater, demonstrating that *C. ruminantium* is present in *A. variegatum* under natural conditions.

3) Transmission of *C. ruminantium* by *A. variegatum* under controlled conditions

The details of transmission trials are shown in table 4. Initiation of infection with *C. ruminantium* was achieved with both larvae and nymphs of *A. variegatum*. Transstadial transmission was consistently successful, but transovarial transmission could not be demonstrated as checked in the filial generation.

Heartwater was successfully transmitted by one infected tick (female) as shown in table 4; only one out of the three goats infested with male ticks, however, contracted the disease. The two goats which did not react were fully susceptible on challenge inoculation.

4) Case study of heartwater on Shika Agricultural Research station, 1974

For 5 years prior to 1974, only 2 confirmed cases of heartwater were reported from the station, one in a sheep (1972) and the other in a calf (1973). However, towards the end of May, 1974, there was an outbreak of the disease, first in the milking herd of about 35 cows and then sporadically in other herds. In addition, clinical cases of anaplasmosis and babesiosis were diagnosed. The milking herd suffered serious losses not only due to death but also to marked drop or even cessation of milk yield. This herd had been restricted to the barn and was fed mainly on hay and silage for one year until April, 1974 when the cows were turned out to graze on the pasture due to shortage of food. This coincided with the beginning of the annual rains. The records showed that after February, 1974 the animals had not been sprayed for protection against ticks. The first death due to heartwater occurred on May 31, 1974. Subsequently, six confirmed cases occurred in quick succession. Mass treatment with oxytetracycline and Berenil (Farbwerke Hoechst A.G.) was immediately instituted and all animals were sprayed against ticks. Daily rectal temperature was taken and any animal showing fever of unknown origin was again treated with oxytetracycline. No further cases occurred after these measures were instituted.

DISCUSSION

It is clear from the body of evidence obtained in the present study that the incrimination of *A. variegatum* as a vector of heartwater in Nigeria is conclusive.

While caution is dictated in interpreting figure 1 as relates to annual incidence of heartwater because of the limited and restricted data collection, certain trends are, nevertheless, evident and call for comments. The major peak incidence of heartwater which occurs during the female activity (fig. 1) suggests that, in nature, females are more efficient than other stages in transmitting *C. ruminantium*. This is probably due to favourable climatic conditions during the seasonal activity of the female, since in the experiments (table 4) no difference was observed in the relative ability of both nymphs and females to transmit infection.

Since transovarial transmission did not occur and infection was easily initiated with larvae and nymphs (table 4), it is suggested that the overlap in the activity of infected adults and uninfected larvae and nymphs (fig. 1) provided opportunity for these latter two stages to become infected. This can only occur when a non-tick reservoir of infection exists during this period of overlap. This point will later be further amplified.

The persistence of heartwater immediately after the period when females are found must be related to nymphal activity; while the minor peak would seem to be a result of male activity (fig. 1). Field observations showed that feeding activity of males is restricted to the period immediately following attachment and tails off or ceases later because of limitation imposed by their integument. Consequently, their ability to transmit infection must be limited by this peculiar feeding characteristic. This observation is supported by transmission trials with male *A. variegatum* and the low incidence of heartwater immediately following the minor peak in spite of the presence of both nymphs and males. However, the role of the males becomes important again when their attachment is required as a pre-requisite for female attachment.

The transmission of *C. ruminantium* under controlled experiments confirms and extends the observations of DAUBNEY (4), NEITZ (17) and UILENBERG (20) that the pathogen is transstadially transmitted. It also shows that, like *Amblyomma hebraeum* (9), *A. variegatum* does not transmit *C. ruminantium* transovarially.

The 1974 outbreak of heartwater in Shika farm coincided with the breakdown of tick control measures after 5 successive years in which only 2 cases of the disease were diagnosed and during which time tick control was uniformly good. Since transovarial transmission does not occur, there must have been a reservoir of infection other than ticks on the farm to precipitate this outbreak. NEITZ (12, 13, 14, 16) showed that antelopes were susceptible to heartwater and in most cases did not manifest clinical signs. He suggested that they might

act as reservoir hosts. NEITZ (15) also demonstrated that recovered animals could serve as a carrier of the pathogen for up to 60 days after clinical recovery. Furthermore, NEITZ *et al.* (19) and ILEMOBADE (6) found that immune animals could, after reinfection, maintain *C. ruminantium* for a length of time sufficient to infect ticks. HAIG (5) demonstrated that the organism persisted in mice for up to 90 days.

There are no game animals in Shika; rodents, however, are present. The tick control programme was rigid as was evidenced by the fact that when this control broke down, not only was clinical heartwater diagnosed, but also clinical anaplasmosis and babesiosis occurred. It is clear, therefore, that under such a rigid tick control programme, *A. variegatum* could not depend on ruminants on the farm for feeding, for maintaining their life-cycle, nor for maintaining a persistent heartwater infection. It follows, therefore, that *A. variegatum* population used animals other than the farm animals to complete their life-cycle.

The upsurge and build-up of tick population immediately following the breakdown of tick control indicate that during the rigid spraying period, *A. variegatum* had maintained themselves on bait animals other than the ruminants. Since infestation of the cattle led to an outbreak of heartwater, these bait animals must, in all probability, also have served as reservoir for *C. ruminantium*. As *Amblyomma* sp. maintain themselves on a wide variety of hosts, the identification of bait animals under the situation in Shika will remain an open question. It can be speculated, however, that rodents may fulfill such a role.

ACKNOWLEDGEMENTS

This investigation was supported by a research grant from the Ahmadu Bello University Board of Research. The authors thank Mr. J. Smit of Institute of Agricultural Research, Samaru, Zaria, for help in the French translation of the summary.

SUMMARY

Epidemiology of heartwater in Nigeria

Evidence from epidemiological and laboratory studies demonstrated that *Amblyomma variegatum* is a vector of heartwater in Nigeria. Initiation of infection in ticks was carried out using larvae and nymphs

of *A. variegatum*. Transstadial transmission was consistently successful, but transovarial transmission could not be demonstrated. Although no difference was observed in the relative ability of both nymphs and females to transmit *C. ruminantium* under laboratory conditions, field studies suggested that, in nature, females play a more important role in the transmission of the pathogen than do other stages.

Evidence was obtained that a single female *A. variegatum* is capable of transmitting infection and that males could also transmit infection although not regularly.

The role of animals other than ticks in the epidemiology of heartwater relative to the outbreak at a research farm has been discussed and it is speculated that rodents could serve as a reservoir of infection.

RESUMEN

Epidemiología de la heartwater en Nigeria

Estudios epidemiológicos y ensayos en laboratorio mostraron que *Amblyomma variegatum* es un vector de *Cowdria ruminantium*, organismo causal de la cowdriosis en Nigeria.

Se inocularon larvas y ninfas de *A. variegatum* para realizar la infección inicial. La transmisión trans-estadial del parásito siempre tuvo éxito; en cambio no se pudo demostrar una transmisión transovarial.

No se observó en laboratorio ninguna diferencia entre ninfas machos y hembras en cuanto a su capacidad relativa de transmitir *C. ruminantium*. Sin embargo, según los estudios sobre terreno, se sugiere que, en la naturaleza, las hembras desempeñan un papel más importante en la transmisión del agente patógeno que los otros estadios.

Se ha demostrado que una sola hembra de *A. variegatum* puede transmitir la infección; las garrapatas machos igualmente pueden transmitir dicho parásito, pero lo hacen menos regularmente que las hembras.

A propósito de una epidemia ocurrida en un centro de investigaciones, se discute el papel que ciertos animales, otros que las garrapatas, podrían haber desempeñado en la epidemiología de la cowdriosis.

En este caso, ciertos roedores podrían haber servido de reservorio de infección.

BIBLIOGRAPHIE

- ALEXANDER (R. A.). Heartwater. The present state of our knowledge of the disease. 17th report Dir. Vet. Serv. Anim. Ind., Union of South Africa, 1931, p. 89-150.
- Annual report of the Veterinary Department, Nigeria for the year 1943. Kaduna, Government Printer, 1945, 25 p.
- BARNETT (S. F.). The incrimination of arthropods as vectors of disease. Proc. 11th Int. Congr. Ent., 1960, 2 : 341.
- DAUBNEY (R.). Natural transmission of heartwater of sheep by *Amblyomma variegatum* (Fabricius 1794). Parasitology, 1930, 22 : 260.
- HAIG (D. A.). Tick-borne rickettsioses in South Africa. Adv. vet. Sci., 1955, 2 : 307.
- ILEMOBADE (A. A.). Study of heartwater and the causative agent, *Cowdria ruminantium* (Cowdry 1925) in Nigeria. Ph. D thesis, 1976, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria.
- ILEMOBADE (A. A.), BLOTKAMP (C.), SYNGE (B. A.). Preservation of *Cowdria ruminantium* at low temperatures. Res. vet. Sci., 1975, 19 : 337.
- LEEFLANG (P.). Diagnosis of *Babesia argentina* infections in cattle using brain smears. Aust. vet. J., 1972, 48 : 72.
- LOUNSBURY (C. P.). Report of the Government Entomologist for the year 1901. Dept. Agric. Cape of Good Hope. Government Printers, 1902, 101 p.
- MASON (I. L.). The classification of west african livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux, 1951. (Technical Communication n° 7).
- MOHAMMED (A. N.). The seasonal incidence of ticks of cattle in northern Nigeria and in the Netherlands, with particular reference to their role in the transmission of bovine piroplasmosis. Ph. D thesis, 1974, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria.
- NEITZ (W. O.). The Blesbuck (*Damaliscus albifrons*) as a carrier of heartwater. J. S. afr. vet. med. Ass., 1933, 4 : 26.
- NEITZ (W. O.). The Blesbuck (*Damaliscus albifrons*) and the black wildebeest (*Connochaetes gnu*) as carriers of heartwater. Onderstepoort J. vet. Res., 1935, 5 : 35.
- NEITZ (W. O.). The transmission of heartwater to and from Blesbuck (*Damaliscus albifrons*) by means of Bont tick (*Amblyomma hebraeum*). Onderstepoort J. vet. Res., 1937, 9 : 37.
- NEITZ (W. O.). The immunity in heartwater. Onderstepoort J. vet. Res., 1939, 13 : 245.
- NEITZ (W. O.). The susceptibility of the Springbok (*Antidorcas marsupialis*) to heartwater. Onderstepoort J. vet. Res., 1944, 20 : 25.
- NEITZ (W. O.). A consolidation of our knowledge of transmission of tickborne diseases. Onderstepoort J. vet. Res., 1956, 27 : 115.
- NEITZ (W. O.). Heartwater. Bull. Off. int. Epizoot., 1968, 70 : 329.
- NEITZ (W. O.), ALEXANDER (R. A.), ADELAAR (T. F.). Studies on immunity in heartwater. Onderstepoort J. vet. Res., 1947, 21 : 243.
- UILENBERG (G.). Etudes sur la cowdriose à Madagascar. Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop., 1971, 24 : 239.

La trypanotolérance

Revue de connaissances

par Saydil M. TOURE (*)

RÉSUMÉ

Cette synthèse de connaissances sur la trypanotolérance étudie d'abord la zootechnie du bétail trypanotolérant : noyaux actuels d'élevage, caractéristiques morphologiques, productivité. Sont aussi pris en considération, dans un but de comparaison, les animaux issus de croisements entre des taurins trypanotolérants et des zébus ou des races non africaines. Des données se rapportant aux bases biologiques de la trypanotolérance occupent une partie importante de l'exposé et assez souvent il est fait référence à des résultats expérimentaux qui mettent en évidence une bonne résistance des taurins africains. Cette résistance n'est pas absolue et l'incidence de maladies autres que les trypanosomiasés a des effets fâcheux sur le bétail trypanotolérant. Bien qu'il traite surtout des bovins, quelques notes ont trait à la trypanotolérance chez d'autres animaux. Les bases biologiques de la trypanotolérance sont complexes et mal définies, mais vraisemblablement des facteurs génétiques contrôlent des aptitudes immunologiques, pleinement manifestées par des animaux bien entretenus dans un milieu infesté de tsé-tsé.

INTRODUCTION

Le mot *trypanotolérance* a été consacré par l'usage pour traduire l'aptitude de certaines races bovines à survivre et se développer en milieu infesté de glossines qui leur transmettent diverses espèces de trypanosomes pathogènes, alors que d'autres races, à qui l'on ne reconnaît pas cette propriété, succombent habituellement dans un tel milieu et n'y sont pas représentées.

Défini selon cette acception, le terme de *trypanotolérance*, si largement utilisé satisfait *a priori* l'entendement, mais l'expression n'est plus appropriée lorsqu'on considère les phénomènes biologiques qu'elle exprime. Il s'agit, en fait, de l'état d'immunité d'un sujet chez lequel les trypanosomes n'entraînent, le plus souvent, qu'une infection latente, sans signes cliniques manifestes, avec production d'anticorps, à même de prévenir une infection grave ou fatale.

Dès lors, ce n'est pas de tolérance immunitaire qu'il est question, mais de prémunition ou immunité relative, concept introduit en 1924 par E. SERGENT et son équipe et analysé en 1956 dans le cas des trypanosomiasés (61). Quant à la tolérance immunitaire, elle est caractérisée par l'absence de réaction immunologique après l'introduction d'un antigène dans l'organisme, ce qui n'est pas le cas ici puisqu'il y a des anticorps chez les bovins qui supportent la trypanosomiasé dans les régions infestées de glossines. Sans doute faudrait-il préférer au mot *trypanotolérance* celui de *trypanorésistance*. Nombreux sont d'ailleurs les auteurs qui se contentent de parler de « bétail résistant à la trypanosomiasé » : J. STEWART (63) et bien d'autres après lui (56), (57).

La prémunition dans les trypanosomiasés est, par ailleurs, un phénomène complexe puisque les antigènes impliqués sont sujets à variation : nous la considérons comme dynamique du fait que, nécessairement, les anticorps élaborés diffèrent chronologiquement les uns des autres.

(*) Institut sénégalais de Recherches agricoles. Laboratoire national de l'Élevage et de Recherches vétérinaires, B. P. 2057, Dakar, Sénégal.

Le mot *trypanotolérance*, malgré les considérations qui précèdent, ne devrait pas, à notre avis, être remplacé par un autre, principalement pour deux raisons : d'abord à cause de l'ancienneté de cette expression à laquelle beaucoup de personnes se sont habituées ; ensuite et surtout, parce que ce vocable a une valeur pédagogique pour faire concevoir par un large public le phénomène considéré et ses limites : tolérance si telles ou telles conditions sont réalisées, mais pas de résistance absolue et donc nécessité de vigilance.

Nous continuerons donc à parler de *trypanotolérance* pour caractériser l'état de prémunition dynamique de certaines espèces ou races animales pouvant être infectées par des trypanosomes sans en souffrir outre mesure, et de bétail trypanotolérant lorsqu'il s'agit de Bovidés domestiques présentant cette propriété.

I. RACES BOVINES TRYPANOTOLÉRANTES

C'est à dessein que sera limité ce chapitre sur les races bovines trypanotolérantes car celles-ci ont fait l'objet, dans le passé, de nombreuses publications. Leur étude a été récemment approfondie par J. PAGOT *et al.* (49), (50). Une contribution nouvelle est celle de A. M. DOMINGO (15), qui a soutenu à Dakar une thèse de doctorat vétérinaire en présentant une étude de la population bovine des états du Golfe du Bénin (15). Auparavant, P. CHOQUEL avait traité, dans une thèse aussi, de l'intérêt de l'utilisation de bovins trypanotolérants (9). Nous ne reprendrons les observations des divers auteurs en ce domaine que pour souligner des points, jugés importants, ou à discuter dans un contexte général, et sans aborder les considérations historiques sur l'origine des races trypanotolérantes.

BÉTAIL TRYPANOTOLÉRANT

Ethnologie

Les zootechniciens s'accordent à distinguer, en Afrique occidentale, 2 types principaux de populations bovines trypanotolérantes : l'une constituée par le bétail Ndama *, à cornes

longues, l'autre par des animaux plus petits, à cornes courtes, représentés par des noyaux disparates, d'appellation diverse, localisés principalement dans les pays du Golfe du Bénin et secondairement dans d'autres contrées (ainsi les bœufs Bakosi dans les montagnes du Cameroun et les Logone du Tchad).

Si l'on considère le bétail à cornes courtes, élevé dans les régions forestières des côtes d'Afrique occidentale, il apparaît assez vite que leur étude ethnologique est difficile, moins à cause de la variation que pour des raisons qui tiennent dans des appellations. Il y a, pour désigner ces animaux selon les noyaux actuels et leur localisation, une telle profusion de termes qu'il est malaisé d'y voir clair ; citons : bétail des Lagunes ou *Dwarf African Shorthorn*, Muturu ou *Nigerian Dwarf Shorthorn*, Baoulé, Somba ou race de l'Atakora, etc. Ces Bovins à courtes cornes forment dans certaines régions des entités bien individualisées pour lesquelles on pourrait parler de races. Mais bien souvent, il s'agit de croisements complexes entre divers types d'animaux trypanotolérants. Il en est ainsi des Ndama-Lagunaire et Ndama-Somba (15). Ces croisements complexes ne sont pas récents. En 1938, on notait en zone forestière de Côte-d'Ivoire, dans certains villages, des troupeaux composés d'éléments ethniques disparates et présentant des caractéristiques de Ndama, Baoulé et Bambara (85).

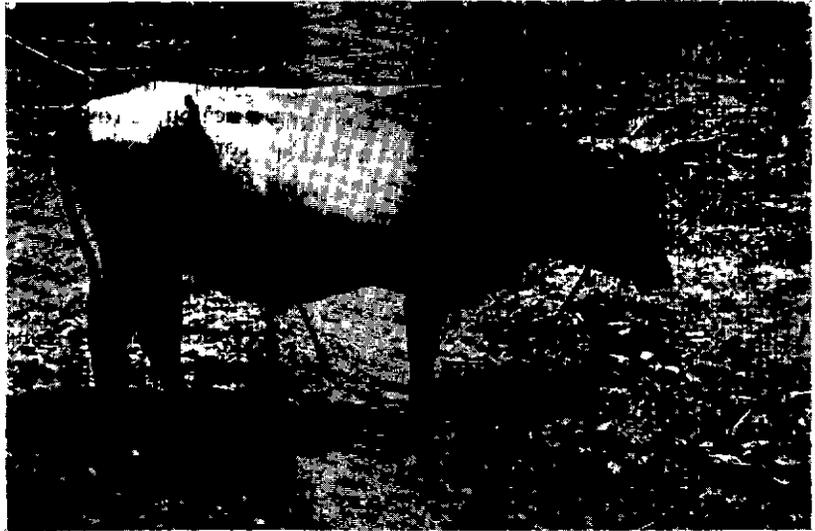
Dans cette étape de nos recherches pour identifier clairement les races trypanotolérantes en vue de leur multiplication pour peupler les régions où les bovins sont rares, il vaut mieux ne retenir qu'une classification commode du cheptel à courtes cornes en distinguant seulement deux groupes :

— le groupe Lagune, représenté en Côte-d'Ivoire, au Bénin (massif de l'Atakora), au Togo : phanérotype variable, noire, pie noire ; petite taille ; animaux rectilignes, brévilignes, ellipométriques ; cornes grosses, courtes, coniques ; orbites saillantes ;

— le groupe Baoulé, présent en Côte-d'Ivoire, Ghana, Togo, Bénin, Nigeria, Cameroun : robe pie noire, noir pie, pie jaune ou jaune ; petite taille ; animaux rectilignes, brévilignes, ellipométriques ; cornes courtes ; arcades orbitaires non saillantes ; oreilles courtes, larges, portées horizontalement.

Les deux groupes sont, au demeurant, très proches et il est certainement plus indiqué, pour

(*) Orthographié *Ndama* au Sénégal, ce mot, pour plusieurs ethnies, signifie « de petite taille, court sur pattes » ; il est écrit différemment dans d'autres pays : *N'Dama*, *N'dama*, *Dama*.



Types de bétail trypanotolérant du Sénégal.

qui n'est pas familiarisé avec leur ethnologie, de parler de bétail trypanotolérant à courtes cornes.

Quant au bétail à cornes longues, constitué par les Ndama, quoique moins difficile à étudier sur le plan ethnologique, il est malgré tout sujet à des variations qu'il est important d'analyser en reprenant les travaux de R. LARRAT *et al.* (37). Ces auteurs distinguent une variété Ndama-Grande et une autre, appelée Ndama-Petite.

La variété Ndama-Grande comporte de nombreux phénotypes se traduisant surtout par des différences dans la coloration de la robe et des muqueuses qui sont très variables : « robe blanche avec muqueuses rosées (blond), robe rouge, noire, aubère, grise, bleue (rappelant la Bordelaise), marron etc. On peut aisément imaginer toute cette gamme de couleurs en supposant les 3 robes : blanche avec muqueuses dépigmentées, noire et rouge, mélangées par 2 ou 3 suivant toutes les combinaisons et associations possibles » (37). Au Sénégal, on retrouve de tels phénotypes dans de nombreux troupeaux, notamment en Basse-Casamance et en Haute-Casamance, de Kolda à Vélingara. Dans ce pays exportateur de bétail Ndama, les animaux décrits ci-dessus ne sont habituellement pas l'objet de transactions commerciales, tout au moins en ce qui concerne ceux dont la robe n'est pas uniforme ; les acheteurs étrangers choisissent de préférence le standard de robe rouge ou fauve et la variété Ndama-Petite plus caractéristique. La classification ethnologique des Ndama-Grande nous paraît discutable : en Basse-Casamance, située à l'ouest et assez proche de l'Océan, certains des animaux n'appartiennent manifestement pas au groupe Ndama mais se rattachent au bétail à courtes cornes (sans doute proches des *Gambia Dwarf* ou *Gambia Shorthorn*). Cependant, le plus grand nombre est constitué par des bêtes dont les cornes sont longues, disposées en lyre ; quelquefois on note l'absence de cornes. La diversité des phénotypes traduit certainement des croisements multiples. Si le Zébu entre dans ces croisements, le degré de sang en cette race semble faible, compte tenu de la morphologie des animaux et de leur excellente trypanotolérance. Les éleveurs appellent ces bovins indistinctement des Ndama mais, pour le zootechnicien, il s'agira de métis dont l'étude est, selon nous, d'un grand intérêt.

La variété Ndama-Petite, elle, est de format

plus petit ; « la robe rouge est la plus fréquente, ce rouge variant depuis le rouge clair, délavé, jusqu'au rouge foncé, en passant par le rouge acajou, le rouge marron. Dans certaines régions on rencontre des animaux à robe noire. Il semble, quand on considère la coloration de la robe et des muqueuses, que la Ndama-Petite résulte du mélange, en proportions variables, de deux variétés ayant par ailleurs les mêmes caractéristiques ethniques : l'une noire à muqueuses foncées, l'autre rouge à muqueuses claires. On trouve, en effet, dans de nombreux troupeaux, des sujets de ces 2 types ainsi que tous les intermédiaires entre l'un et l'autre (38). Dans ce groupe il y a une plus grande homogénéité que dans la variété dite Ndama-Grande et c'est là un critère qui influence le choix des acheteurs étrangers. Le berceau de la race, car on peut parler ici de race bovine, est constitué par le massif du Fouta-Djallon, en Guinée, où se trouvent les troupeaux les plus importants. Les hauts-plateaux qui prolongent ce massif dans le sud du Sénégal hébergent aussi ce bétail. Certains pays en possèdent des souches : la Côte-d'Ivoire, au nord, et le Mali, au sud. Beaucoup d'autres en ont importé.

Sans doute est-il maintenant très indiqué de créer un « herd book » pour un bétail Ndama uniforme dont le type est fixé, la trypanotolérance reconnue, et les exigences connues.

Faits expérimentaux démontrant la trypanotolérance

Ils sont nombreux. CHANDLER, 1952-1958, dans quelques études comparatives sur la résistance aux trypanosomiasés, soumet des zébus, des Ndama et leurs croisements aux piqûres de glossines (*Glossina palpalis* et *G. tachinoïdes*) infectées de trypanosomes (*Trypanosoma vivax*, *T. congolense*) (7, 8). Il constate que les Ndama, au nombre de 8, sont faiblement infectés et survivent tandis que les autres sont sévèrement atteints et 9 zébus sur 12 ainsi que 4 métis sur 12 meurent de trypanosomiasé (7). L'expérience, refaite dans des conditions différentes, donne des résultats similaires : les Ndama résistent à la différence des autres animaux. L'auteur pense que, dans ces conditions, l'immunité naturelle est une propriété raciale héréditaire des Ndama, d'autant que les métis ont tendance à présenter une résistance intermédiaire. Cependant la résistance des Ndama semble moins accusée à l'égard de *T. congolense*. Des tests

sérologiques ont montré que ces taurins produisaient des anticorps agissant sur deux souches de *T. vivax* mais pas sur une souche de *T. congolense*. L'utilisation, dans une autre expérimentation, de sang renfermant *T. congolense*, a entraîné chez les Ndama des infections qui ont rétrocedé tandis que les zébus témoins se sont trouvés cliniquement atteints. L'exposition à l'infection augmente la résistance des Ndama mais est fatale pour les zébus. D'autres épreuves pour sonder les différences de réceptivité entre zébus, Ndama et Muturu conduisent à la même conclusion (13, 19, 75, 55, 56, 57, 62).

Bien que la trypanotolérance de ces taurins soit indubitable lorsque ces animaux sont comparés aux zébus sahéliens, il faut cependant admettre la possibilité, chez eux, de trypanosomiase clinique aiguë. Cela se produit notamment lorsqu'ils sont élevés en zone indemne, puis transférés en milieu infesté de glossines. L'habitat a son importance dans l'expression des facultés de résister à la maladie.

Habitat et distribution du bétail trypanotolérant

L'habitat et la distribution en Afrique du bétail trypanotolérant ont été si bien étudiés qu'il n'y a rien à y ajouter (9, 15, 37, 49). La grande originalité en ces études est la définition de climogrammes des zones de dispersion du bétail taurin trypanotolérant, comparés avec ceux des zébus (PAGOT (49)). Cet auteur tire de ses graphiques de climogrammes deux conclusions importantes :

— « les aires des climogrammes correspondant aux [bovins] Ndama ont une surface plus grande que celles du bétail à courtes cornes et, dans ce dernier cas, la surface de l'aire correspondant au bétail des Lagunes est minimale,

— la localisation montre une nette translation des climogrammes vers les climats chauds et très humides quand on passe du domaine [des] Ndama à celui des Baoulés et des Lagunes ».

Ces constatations doivent guider dans le choix des races à implanter dans les régions actuellement déshéritées, mais aussi dans la détermination des actions sur le milieu pour permettre le développement des races considérées les meilleures.

Il est intéressant de noter, bien que l'auteur ne l'ait pas souligné, que les climogrammes qui nous sont présentés sont en corrélation marquée avec l'écologie des glossines, tant en ce qui

concerne leur diversité spécifique que leurs fluctuations saisonnières. Les climogrammes choisis à titre d'exemple pour le Zébu se rapportent à des zones indemnes de glossines. Ceux indiqués pour les régions forestières concernent des aires infestées, l'infestation étant très marquée là où les températures sont nettement au-dessus de 21 °C et l'humidité relative de plus de 55 p. 100 ; à de tels climats correspondent des régions qui hébergent de nombreuses espèces différentes de glossines, à fluctuations saisonnières peu marquées de leur population : c'est le domaine du bétail nain à courtes cornes. Les climogrammes des Ndama se rapportent assez souvent à des habitats ne renfermant que deux espèces de glossines, à populations abondantes pendant une saison des pluies unique, moins nombreuses en saison sèche.

Ces comparaisons d'ordre écologique permettent de dire que la diffusion des races bovines trypanotolérantes, menée parallèlement à des actions visant à limiter les populations de glossines dans les régions fortement infestées, conduira sans nul doute à d'excellents résultats, surtout si l'on considère le bétail Ndama.

A l'heure actuelle il y aurait près de 8 millions de bovins élevés dans les régions infestées de glossines d'Afrique occidentale et centrale, et la plus grande partie est constituée d'animaux trypanotolérants. Ce total est très faible cependant, comparé au nombre de pays et à la vaste superficie qu'ils occupent.

Productivité du bétail trypanotolérant

— Bétail à courtes cornes

Bien que ce bétail soit de format très petit, il donne de bons rendements en boucherie. La race des Lagunes a un rendement moyen de 54 p. 100 et les Muturu, 52 p. 100 selon DOMINGO (15). Sans doute en est-il de même pour la plupart des autres bovins à courtes cornes. Le poids moyen des carcasses avoisine 100 kg ou le dépasse légèrement : 101 kg pour les bœufs Baoulé de 5 ans et 91 kg pour les vaches (49). Concernant la même race, il est fait état d'un poids moyen de 113 kg chez les mâles de 3 ans et 131 kg à 5 ans (15). E. TIDORI *et al.*, donnent des valeurs similaires à propos de Baoulé élevés en station à Bouaké, Côte-d'Ivoire (66).

La fertilité des animaux est, en certaines occasions, très bonne, avec un premier vêlage à

3 ans et un veau chaque année, mais les données sur ce point ne sont pas nombreuses.

La production laitière est assez faible : de 1,5 l à 2 l par jour d'un lait titrant 62 g/l de matière grasse.

Ces animaux, assez dociles, ne sont généralement pas utilisés pour le travail, bien qu'il soit possible de le faire dans de menus travaux de culture attelée et de corvée d'eau, comme cela est actuellement pratiqué à Sékou et Ouidah au Bénin (15).

— Bétail Ndama

Les performances zootechniques concernant ce bétail sont bien mieux connues, parce que suivies depuis près de 40 ans. P. GAUDEFROY-DEMONBYNES (23), dans une étude menée au Centre de Recherches agronomiques de Bambey, Sénégal, mais hors de l'habitat naturel de la race, considère que « la croissance des Ndama est lente : les bœufs ne sont faits qu'à 5 ans, les femelles à 3 ans, et le développement complet n'est atteint respectivement qu'à 7 et 6 ans. La croissance est irrégulière et présente des périodes favorables (mois de novembre, décembre, janvier) et défavorables (d'avril à août). La phase la plus critique se situe entre 8 et 20 mois ». G. LEGEAY et M. SOW (39), travaillant en Guinée, estiment aussi que les bœufs Ndama ne sont adultes qu'à 5 ou 6 ans. Des études plus récentes montrent que les femelles peuvent être plus précoces, avec un premier vêlage à deux ans environ, en élevage semi-extensif (49). C. J. ROBERTS et A. R. GRAY (56) font la même constatation et ajoutent qu'un vêlage est possible tous les 12 mois.

Le rendement en viande de ces animaux nous paraît bon à travers les différents rapports : 46 à 47 p. 100 pour les femelles de 8 ans et 51 et 52 p. 100 voire 60 p. 100 dans de bonnes conditions.

Pourtant, si ce rendement est satisfaisant en bout de chaîne, les problèmes de rentabilité dans une exploitation moderne restent posés, étant donné le temps de croissance relativement long. Toujours selon ROBERTS et GRAY, le gain quotidien des veaux Ndama jusqu'au sevrage, à six mois, est 0,42 kg puis il chute à 0,27 kg et ce, jusqu'à 18 mois.

En élevage avec des rations d'embouche, les quelques résultats obtenus sont discordants suivant les régimes. Utilisant la graine de coton

en embouche intensive, H. CALVET *et al.* (5), obtiennent chez les animaux Ndama un croît quotidien moyen de 809 g, ce qui est une performance honorable, même si cette valeur est la plus basse observée dans les différents lots, composés, en outre, de zébus et de métis, et suivis pendant 112 jours. Par contre, dans les expériences de J. L. JOUVE et L. LETENNEUR (31), le gain de poids est beaucoup moins élevé : les animaux maintenus en pâturage permanent et ne recevant pas de complément ont un gain moyen journalier de 392 g, contre 330 g s'il s'agit de pâturage diurne complété, 241 g en pâturage diurne non complété et enfin 175 g seulement en stabulation permanente. Les meilleurs résultats sont obtenus sur les animaux laissés en permanence sur un pâturage naturel amélioré par le *Stylosanthes* et sans complémentation aucune.

Il semble, au demeurant, que le temps de pâturage entre pour beaucoup dans la croissance pondérale des Ndama, ce qui est à la fois avantageux et économique (31). Ce temps de pâturage a été bien étudié par R. CADOT (4) travaillant en Côte-d'Ivoire. Cet auteur indique un temps de broutage moyen de 11 h 05 en saison sèche et 9 h 13 en saison des pluies. Il donne en outre pour l'abreuvement, une quantité de 8,6 à 10,4 l d'eau par jour, prise en 2 ou 3 fois. Le temps consacré par ces animaux à la recherche d'ombre n'est guère long : 0 h 57 en moyenne en saison sèche contre 1 h 32 en saison des pluies. Ces détails ne sont cités que parce que nous les jugeons importants dans une productivité du bétail Ndama, sans alourdir les charges d'exploitation par des infrastructures complexes, car ces animaux semblent préférer vivre en permanence dans un pâturage naturel ; et c'est celui-ci qu'il faut rendre excellent : il en résultera alors d'excellents animaux de boucherie. Actuellement l'exploitation en boucherie du bétail trypanotolérant atteint par an, 12 à 13 p. 100 du troupeau, ce qui est du même ordre de grandeur que dans les troupeaux de zébus en zone sahélienne.

Les Ndama, cependant, ne sont pas bonnes laitières, même bien alimentées, et leur production avoisine 2 l par jour. Toutefois, certains sujets exceptionnels pourraient faire l'objet de sélection en vue de cette production, pour ultérieurement les croiser avec de bonnes laitières importées.

Ils sont utilisables pour le travail mais leur format limite les possibilités en ce domaine.

Les qualités de la race sont nombreuses et il est certain qu'une zootechnie bien conduite, procédant par sélection, multiplication en race pure, croisement pour les besoins en lait et le travail, contribuera à développer l'élevage en maints pays d'Afrique occidentale et centrale.

CROISEMENTS PRÉSENTANT UNE TRYPANOTOLÉRANCE RELATIVE

Le bétail Ndama et les taurins à courtes cornes ont souvent été croisés naturellement avec des zébus africains ou, à titre expérimental, avec des animaux améliorés, importés des pays européens. Ces croisements présentent un grand intérêt du fait que les sujets qui en sont issus ont un format toujours supérieur à celui du bétail trypanotolérant ou une production laitière élevée et, de ce fait, doivent continuer à faire l'objet d'études.

Croisements entre taurins trypanotolérants et zébus

Considérant le cas du Sénégal, il apparaît qu'à la limite nord de distribution des glossines et avant d'atteindre les régions d'élevage de zébus, la population bovine est surtout composée de métis Zébu-Ndama, appelés localement *Diakoré* ou race du Sine. Un rapport de 1941 de l'Inspection générale de l'Élevage de l'Afrique occidentale en souligne l'intérêt (89). Le développement de ces Diakoré dans la partie centrale du Sénégal résulte d'une épizootie de peste bovine qui avait décimé le cheptel, 25 ans auparavant, laissant des zones pauvres en bétail, riches en pâturages, mais plus ou moins infestées de glossines. Les caractéristiques ethnologiques de ces métis sont très imprécises : on discerne qu'il s'agit de croisement sans qu'il soit possible de déterminer le degré de sang des souches d'origine, tout comme dans le cas des Ndama-Grande qu'on aurait pu étudier sous cette rubrique, n'était leur grande résistance.

Les Diakoré ont une trypanotolérance relative et, de par leur situation géographique, ils sont plus souvent atteints de trypanosomiase à *Trypanosoma vivax*.

Ils présentent cependant un double intérêt : d'abord, en élevage sous régime d'embouche, ils gagnent rapidement du poids ; ensuite, parce que leur format est compatible avec des travaux agricoles. Dans une expérience d'embouche déjà citée, CALVET et son équipe obtiennent

un croît quotidien moyen de 923 g, assez voisin des performances de zébus Gobra. Pour ce qui est de la traction, des croisements expérimentaux, effectués au Centre de Recherches agronomiques de Bambey, montrent que les résultats sont excellents (90, 91). Les métis de Bambey, à 13/16 de Ndama et 3/16 de Zébu, sont des animaux de grand format, atteignant 480 à 580 kg à l'âge adulte. Ils ont été utilisés pour améliorer la race Ndama dans une exploitation située en région infestée de glossines, mais ont contracté la trypanosomiase car ils provenaient d'un centre indemne. L'étude de leur résistance à long terme est à faire.

Dans d'autres pays d'Afrique de l'Ouest, existent d'autres types de croisements : par exemple les bovins Bambara ou Méré, issus de croisements entre Zébu-Peul et Ndama, et localisés surtout au Mali. D'autres sont plus complexes ou assez mal définis. Il en est ainsi des animaux Borgou au Bénin et Keteku au Nigeria. DOMINGO, citant FAULKNER et EPSTEIN, pense, comme ces auteurs, que les Borgou sont des croisements entre *Dwarf Shorthorn* (Muturu), Ndama et Zébu *White Fulani*, mais il émet des réserves sur la présence de sang Ndama. Il ajoute que la plupart des rapports fournis par les différentes régions d'élevage, au Bénin, font état de la sensibilité du Borgou à la trypanosomiase.

Les bovins Sanga seraient aussi des croisements entre zébus et taurins (15).

Il est à noter que les exportations d'animaux Ndama à partir de leurs régions d'élevage traditionnel remontent à un passé éloigné et qu'il est difficile actuellement de faire le point dans les divers cheptels, à moins de recourir à des travaux de biochimie, complexes et longs à mener. A ce propos, LARRAT *et al.* mentionnent l'exportation, en 1825, de Ndama du Sénégal aux Antilles françaises, puis dans les Iles-Vierges anglaises et américaines (Petites-Antilles vers les années 1870-1880. Il s'en est suivi des croisements avec la race anglaise *Red Polled*, et des résultats remarquables. A notre époque, il est possible, dans certaines régions d'Afrique, d'obtenir d'aussi bons résultats avec des races exotiques à haut rendement.

Croisement des Ndama avec des races étrangères améliorées

Les essais de croisement, réalisés en Afrique avec la race Ndama et des races européennes,

remontent à plusieurs décennies. Des animaux de race tarentaise ont été introduits en Guinée, en décembre 1934, et croisés avec des Ndama (86, 87). A la naissance, le poids des veaux métis est déjà supérieur d'un tiers environ à celui des veaux indigènes et, selon les rapports cités, cette supériorité s'accuse davantage avec l'âge. Une publication de M. DOUTRESSOULLE (16), fait le point des premières tentatives de croisement déjà entrepris avec des reproducteurs importés (Charollais, Normand, Montbéliard, Breton) et marque sa préférence pour la race tarentaise. Par cette dernière, bien que l'amélioration conduise à un type non perfectionné, les résultats sont meilleurs que chez les Ndama de race pure. Les géniteurs importés se sont montrés sensibles à la trypanosomiase et ont dû être traités. Mais les métis ont présenté une assez grande résistance. Le rapport des Services de l'Élevage de l'Afrique occidentale de 1939 relate aussi ces essais avec la race tarentaise mais mentionne des mortalités par trypanosomiase chez les veaux métis (88). Ce même document fait état de croisements Ndama-métis Charollais en la ferme de Korhogo, en Côte-d'Ivoire, mais cette modalité a été abandonnée au profit de croisements Ndama-Breton pur sang pie noire dont les produits se sont révélés meilleurs.

Il est regrettable qu'il n'ait pas été possible de poursuivre ces diverses tentatives d'amélioration du cheptel africain, surtout du fait de la seconde guerre mondiale. Toutefois LE-GEAY (38) a essayé de suivre en Guinée le devenir des animaux issus de croisements avec la Tarentaise. Chez les métis retrouvés, il constate que les femelles ont les mêmes performances reproductrices que les Ndama bien nourries : elles sont fécondables vers l'âge de 2 ans et peuvent donner des veaux tous les 12 à 20 mois ; les mâles métis se sont développés de façon exceptionnelle. Certaines des bêtes ont été retrouvées dans des régions à glossines avec un comportement similaire à celui de la Ndama et on peut leur reconnaître une bonne trypanotolérance.

Des tentatives de croisements, cette fois avec des bovins Jersiais, pratiquées plus récemment en Côte-d'Ivoire, ont conduit à de bons résultats. COULOMB *et al.* (10), dans un programme commencé en 1965 à Bouaké-Minankro, obtiennent des métis se comportant comme les Ndama mais avec des performances plus élevées : production laitière des vaches supérieure de plus du double, croissance rapide des jeunes se tra-

duisant par une précocité de l'ordre d'un an chez les mâles et 18 mois chez les femelles, poids final des adultes beaucoup plus grand. En embouche intensive de demi-sang Jersiais × Ndama, maintenus en stabulation libre, J. L. JOUVE et L. LETENNEUR (32), ont obtenu sur 82 jours un croît quotidien moyen de 593 g ; le gain de poids est plus accusé après le 2^e mois : 750 g en moyenne, et la rentabilité de l'embouche tend à devenir nulle après le 3^e mois.

TRYPANOTOLÉRANCE PROBABLE DE TAURINS NON AFRICAINS

La faculté de devenir trypanotolérant n'est sans doute pas propre aux seuls taurins africains. Des races étrangères, même hautement améliorées, pourraient présenter cette propriété. Celle-ci suppose, pour qu'elle se manifeste, que les animaux naissent dans un milieu où existe la trypanosomiase et ses vecteurs et que leurs mères aient séjourné dans ce milieu assez longtemps pour développer des anticorps qui seront présents dans le colostrum et le lait. C'est une hypothèse certes, mais l'étude des groupes sanguins des taurins en général donne des arguments en sa faveur.

TRYPANOTOLÉRANCE DE BOVINS AUTRES QUE TAURINS

Il s'agit ici de zébus africains qui pourraient manifester une trypanotolérance mais le phénomène demande des études plus poussées pour distinguer, chez ces animaux, une trypanosomiase chronique d'une tolérance induite à la suite d'infections répétées suivies de traitements. C'est un point qu'il nous semble important de discuter plus loin.

II. ANIMAUX TRYPANOTOLÉRANTS AUTRES QUE LES BOVINS

Parmi les animaux domestiques autres que les bovins, les mentions de trypanotolérance sont rares parce que le phénomène a été peu étudié. Au Sénégal, il existe, dans les mêmes aires d'élevage que le bétail Ndama, des moutons et des chèvres de petite taille : moutons Djallonké et chèvres de Casamance, tous considérés comme trypanotolérants. Ici encore, il y a certainement une corrélation entre le format des animaux et les climogrammes de leurs régions d'élevage. On ne trouve pas, dans ces régions,

de moutons ou de chèvres du Sahel de plus grande taille et ce n'est certainement pas sans rapport avec les trypanosomiasés. Des prélèvements sur mouton Djallonké ont révélé, en certaines occasions, des trypanosomes, mais des enquêtes plus poussées sont nécessaires en ce domaine.

Moutons et chèvres Djallonké descendent jusqu'au Cameroun. F. VALLERAND et R. BRANCKAERT (74), rapportent qu'en 9 ans d'études du mouton Djallonké à la station Nkolbisson, située à 10 km de Yaoundé, Cameroun, il n'a pas été observé de cas de trypanosomiase malgré la présence de glossines.

Près de 30 millions de petits ruminants habitent les régions à glossines d'Afrique de l'Ouest et d'Afrique centrale.

Selon E. W. ALLONBY, les chèvres Galla d'Afrique orientale ainsi que les moutons Somali à tête noire résistent bien aux trypanosomiasés (comm. pers.).

La trypanotolérance n'est pas fréquente chez le cheval et l'âne domestiques. On connaît cependant quelques cas : le cheval du Moyen-Logone ou poney Kirdi qui vit dans les régions à glossines du sud-ouest du Tchad et du nord-est du Cameroun où il est élevé par les tribus Moussay.

Les souris de laboratoire, elles-mêmes, pour certaines lignées, résistent à l'infection par des trypanosomes pathogènes et offrent incidemment la possibilité d'étudier génétiquement la trypanotolérance et son héritabilité dans cette espèce.

Les animaux sauvages ne se comportent pas différemment. R. N. T. W. FIENNES note l'absence de symptômes chez les ongulés sauvages vivant dans les régions d'Afrique infestées de glossines qui hébergent des trypanosomes pathogènes pour les animaux domestiques (20). Dans un ouvrage magistral, C. HOARE souligne les mêmes faits et considère les animaux sauvages comme réservoirs de trypanosomes du cheptel domestique (27). Cela est directement en rapport avec la trypanotolérance de la faune sauvage. HOARE produit dans son traité une longue liste d'animaux et les diverses espèces de trypanosomes trouvées chez eux ; les Artiodactyles y sont très nombreux. La trypanotolérance des animaux sauvages n'est certainement pas absolue. Il a été constaté récemment que de nombreux Carnivores sauvages, en Afrique de l'Est, hébergent à l'état cryptique des

trypanosomes du sous-genre *Trypanozoon*. Mais en captivité dans les zoos, de tels animaux sont susceptibles de manifester une maladie aiguë. Les antilopes peuvent être complètement réfractaires ou succomber de trypanosomiase (14).

Et même quand il s'agit de trypanosomiase humaine, on relève certains faits qui se rattachent à la trypanotolérance : il en est ainsi dans les infections par des espèces américaines comme *Trypanosoma rangeli*, souvent, et *T. cruzi* quelquefois, bien que ces trypanosomes soient des *Stercoraria* (27). La notion de spécificité parasitaire permet d'expliquer, en partie, la résistance à l'infection. Il n'en est pas de même dans quelques observations étranges, faites chez l'Homme, en Afrique. Ainsi A. G. ROSS et D. M. BLAIR (58), ont constaté en Rhodésie plusieurs cas de « porteurs en bonne santé » de trypanosomiase ; de même que J. CECALDI et M. VAUCEL (6) qui relatent le cas d'un patient porteur de trypanosomes pendant 16 ans. Dans une deuxième note, parue en 1960, J. LAPEYSSONIE (36) présente une personne extraordinaire qui, ayant hébergé *T. gambiense* pendant 21 ans, a pu vivre normalement tout ce temps, se marier et avoir des enfants normaux. Ces 3 mentions plaident en faveur d'une trypanotolérance, même s'il est difficile d'en expliquer l'origine ou le mécanisme. Mais cela n'a rien de naturel, pensons-nous, et l'induction du phénomène a pu procéder des aléas de la thérapeutique (*).

III. BASES BIOLOGIQUES DE LA TRYPANOTOLÉRANCE

Il faut entendre par bases biologiques de la trypanotolérance l'ensemble des données de biologie expérimentale par lesquelles, qualitativement ou quantitativement, les animaux trypanotolérants se distinguent de ceux qui ne le sont pas, données qu'on peut supposer *a priori* être en corrélation avec la résistance aux trypanosomes. Certains résultats d'études fondamentales, réalisées *in vitro*, mais à même d'être utiles pour élucider les mécanismes de la trypanotolérance, seront, malgré tout, pris en considération. Les faits expérimentaux sont nombreux, certes, mais insuffisants et disparates, si bien que beaucoup de recherches sont encore indispensables pour augmenter les observations et dégager des théories.

(*) Toutefois des auteurs estiment que les Pygmés, ethnotype de petite taille, résistent assez à la maladie du sommeil.

TRYPANOTOLÉRANCE NATURELLE

R. L. CHANDLER (8), pense que la trypanotolérance du bétail Ndama résulte d'une aptitude de cette race à produire plus d'anticorps pour s'immuniser que les autres races. Les veaux Ndama, à leur naissance, reçoivent de leurs mères des anticorps présents dans le colostrum et le lait, et, subissant l'assaut des tsé-tsé infestées, développent progressivement leur propre immunité. Donc, il y a, à la base de cette résistance aux trypanosomiasés, des causes d'ordre génétique se traduisant par des données biochimiques particulières et un comportement immunologique particulier, sous la dépendance de facteurs écologiques et physiopathologiques.

Génétique

L'étude caryotypique de zébus (*Bos indicus*), de race Gobra du Sénégal, faite par J. MONNIER-CAMBON (44), montre que le nombre modal $2n$ est égal à 60 (soit 58 autosomes et 2 gonosomes). C'est ce même nombre qu'on trouve chez *Bos taurus* dans d'autres pays. Dans les deux espèces, les chromosomes sont tous acrocentriques, sauf le chromosome sexuel X qui est submédian ; le chromosome Y acrocentrique est le plus petit.

Il est dit ailleurs que le chromosome Y du Zébu est différent de celui du taurin (15).

Le support génétique des différences entre les deux espèces n'est pas encore précisé mais les différences d'aptitude sont bien prouvées. De plus, les croisements entre animaux trypanotolérants et animaux sensibles donnent des descendants dont la résistance est intermédiaire. On retiendra toute l'importance, en matière de génétique appliquée, d'une évaluation de la résistance et d'une sélection portant sur les taurins de plus grande trypanotolérance, parallèlement au choix des formats et des standards (29).

C'est le lieu de relever, à cet endroit, que les taurins trypanotolérants ainsi que les chèvres et moutons Djallonké sont de petite taille, sans pour autant dire que cette constatation revêt une grande importance pour expliquer l'acquisition de la propriété de résister. Ce moindre format n'est, sans doute, qu'une traduction de l'influence du milieu. En effet, de façon semblable, nous voyons que, dans la race humaine mélando-africaine, les ethnotypes sahéliens correspondant à la sous-race soudanaise sont de taille plus élevée que dans la sous-race gui-

néenne qui peuple le Golfe de Guinée et la sous-race congolaise des forêts équatoriales et subéquatoriales (80).

Aux différences génétiques entre zébus et taurins trypanotolérants sont associées des différences que révèlent des études de biochimie fondamentale, de physiologie et d'immunologie.

Traduction biochimique de différences génétiques

1) Différences dans les hémoglobines de zébus et de taurins

Les études les plus récentes en ce domaine sont dues à J. P. PETIT (51, 52) ; M. BRAEND (3) ; F. VOHRADSKY et C. MAZZANTI (79) ; DOMINGO (15). Les Ndama de race pure n'ont que l'hémoglobine de type A. Il en est de même des taurins Muturu et Lagune. Pour les Baoulé, apparemment moins purs, la fréquence génique est de 0,96 pour l'hémoglobine A et 0,04 (ce qui est très faible) pour l'hémoglobine B. Par contre chez les zébus, on trouve toujours au moins deux hémoglobines : A et B ; quelquefois trois, avec l'hémoglobine C. Chez le zébu Gobra du Sénégal, la fréquence génique des allèles d'hémoglobine A est égale à 0,674 et celle d'hémoglobine de type B à 0,326. PETIT observe, incidemment, une fréquence génique de 100 p. 100 pour l'hémoglobine A chez la race montbéliarde dont le croisement avec les races africaines est intéressant.

Il ne semble pas y avoir de race bovine trypanotolérante en dehors des taurins à hémoglobine AA et la corrélation est certaine. La principale conséquence pratique à tirer de cela consistera dans l'élimination, lors d'une sélection, des animaux hétérozygotes AB ou A B C.

Des études portant sur d'autres espèces animales sont actuellement menées dans plusieurs laboratoires et méritent d'être suivies avec attention (17).

2) Hypothèse d'une corrélation avec des activités enzymatiques différentes

On peut émettre des hypothèses qui sont à vérifier *in vivo* concernant le rôle de la glucose-6-phosphate déshydrogénase. H. FROMENTIN (22), dans ses conclusions, après de nombreux essais de culture de trypanosomes *in vitro*, pense que « la phosphorylation et la glycolyse des hématies entrant dans la composition des milieux classiques sont intimement liées à la mul-

tiplication des trypanosomes dont le métabolisme doit s'intégrer au cycle du glucose, au niveau où intervient la glucose-6-phosphate déshydrogénase. La déficience de celle-ci rompt à la fois le déroulement du cycle du glucose et le déroulement de la culture » (22).

Les études de PETIT et QUEVAL (53), n'avaient pas permis de retenir comme différence biologique, entre zébus et taurins, la déficience en glucose-6-phosphate déshydrogénase mais leur conclusion concernant les Kouris trypanotolérants n'était pas définitive.

Ces exemples indiquent des voies pour d'autres recherches. Les quelques résultats acquis par FROMENTIN ne sont pas généralisables car les expériences n'ont porté que sur *T. brucei gambiense* de l'homme et *T. rotatorium* de la grenouille. Du fait de la spécificité parasitaire, les processus diffèrent certainement suivant les trypanosomes et le terrain. C'est ce qu'il faut élucider sur la base hypothétique d'une corrélation entre la résistance (ou la sensibilité) et des activités enzymatiques, sous contrôle génétique chez les hôtes parasités.

3) Différences entre zébus et Ndama dans leur métabolisme digestif

Des recherches, menées au Laboratoire de Physiologie de Dakar par ARCHAMBAULT de VENCAY *et al.* (1), montrent que les Ndama ont une supériorité marquée sur les zébus quant à la digestibilité de tous les composants de fourrage constitué par la paille de riz. Les résultats obtenus avec du foin de *Panicum* sont assez comparables. Les Ndama utilisent mieux que les zébus les rations contenant peu de cellulose et des quantités importantes d'extractif non azoté. L'utilisation de rations à base de coque d'arachide mélassée, supplémentée, montre une supériorité nette des Ndama dans la production des acides gras volatils, surtout manifeste pour l'acide acétique. Il faut faire une liaison entre ces études et les observations de physiopathologie (*vide infra*).

4) Autres différences relevées dans les études biochimiques portant sur zébus et Ndama

— Selon C. LABOUCHE *et al.* (34), l'urémie moyenne mensuelle des vaches à bosse (race Zébu maure) est significativement moins élevée que celle des vaches sans bosse (race Ndama), d'âge sensiblement égal ; chez ces der-

nières, l'urémie moyenne mensuelle est plus accusée chez les animaux âgés que chez les sujets jeunes.

— Concernant la protéinémie, LABOUCHE et P. AMALOU (35), observent que celle du Ndama est significativement supérieure à celle des zébus, pendant la saison humide et la première partie de la saison sèche. Ensuite le phénomène s'inverse mais les différences ne sont pas significatives. Les zébus paraissent donc stabiliser leurs protéines sériques avec plus de succès que les Ndama. Les modalités d'élevage des deux races au cours de l'expérience permettent de dire qu'il s'agit de propriété intrinsèque des animaux étudiés, sans grand rapport avec l'habitat.

La possibilité de maintenir une protéinémie élevée nous conduit à considérer son incidence dans les phénomènes immunologiques.

Immunologie

a) Facteurs séro-immunologiques

Si la protéinémie est souvent plus élevée chez les bovins Ndama, les taux d'anticorps circulants le sont aussi. Les explications de R. S. DESOWITZ (13), sont à retenir. Selon cet auteur, les stimuli antigéniques reçus dès le jeune âge influent sur la réponse immunologique que fournira le bovin adulte. Le veau Ndama, déjà rendu partiellement immun par le colostrum maternel, deviendra hyperimmun s'il est soumis très tôt aux piqûres de glossines infectées. En l'absence de celles-ci, il ne fournira pas de réaction anamnésique plus importante que celle d'un zébu, même après plusieurs épreuves infectantes. La différence essentielle entre les races sensibles (zébus) et les races résistantes (Ndama) tiendrait au fait que ces dernières sont capables de maintenir un taux d'anticorps très élevé. De plus, les fractions d'immunoglobulines seraient moindres qualitativement et quantitativement chez les zébus et Ndama partiellement immuns comparés aux Ndama hyperimmuns.

Il faut cependant déplorer la rareté des expériences tendant à justifier ces raisonnements sur des bases immunochimiques incontestables. Les animaux utilisés dans la plupart des épreuves ont un passé incertain et sont peu nombreux, ce qui peut induire en erreur dans l'interprétation des faits immunologiques. En comparant des lots de Ndama avec des zébus et les produits de leur croisement, CHANDLER constate en

particulier que le niveau des anticorps dirigés contre *T. vivax* est plus élevé quand il s'agit des Ndama mais du même ordre pour les trois types de bovins en ce qui concerne *T. congolense* (7, 8). Selon DESOWITZ, lorsque Ndama et zébus sont infectés pour la première fois, les réponses immunitaires sont similaires et le taux d'anticorps reste faible. Des bovins Muturu jamais trypanosomés ont même succombé à une primo-infection par *T. vivax*, sans produire d'anticorps appréciables. Cependant les Ndama, soumis à des épreuves infectantes renouvelées, deviennent hyperimmuns à l'égard de *T. congolense* (13).

Des anticorps agglutinants et précipitants ont été mis en évidence chez des animaux trypanotolérants. GRAY (26), dans une étude portant sur 96 Ndama et métis Ndama-Muturu, élevés dans une région à enzootie trypanosomienne, constate que les sérums de 33 des bovins renferment des anticorps agglutinant *T. brucei*, le plus souvent à une dilution inférieure à 1/80, mais quelquefois jusqu'à 1/320. Dans une autre épreuve, il a mis en évidence chez 21 Keteku sur 25 des anticorps précipitants dirigés contre *T. vivax* ou bien *T. brucei*, voire les deux espèces à la fois.

La caractérisation des fractions immunigènes n'est pas très avancée. Dans les expériences de DESOWITZ, relatées ci-dessus, l'analyse micro-électrophorétique révèle que chez les zébus et les Ndama partiellement immuns il y a 2 fractions de gamma-globulines, alors qu'il en existe 3 chez les Ndama hyperimmuns.

Dans une étude électrophorétique quantitative menée en Haute-Volta et portant sur 15 sérums de taurins et 20 de zébus, animaux en bonne santé mais vivant dans des régions enzootiques, GIDEL (24) constate en particulier que les globulines bêta sont en pourcentage plus élevé chez les taurins. Enfin, des enquêtes par immunofluorescence sur sérums de Diakoré et de Ndama du Sénégal, il ressort que les Ndama ont un taux global d'anticorps plus élevé (71).

Ces différentes publications ne précisent pas la nature exacte des fractions de globulines selon la nomenclature actuelle (59) et à travers elles, on n'a que peu de renseignements sur les séquences successives de globulines induisant la résistance sous l'influence des cellules à compétence immunitaire.

D'autres facteurs, comme le complément, ont aussi un rôle important (33).

S'agissant de ruminants sauvages, on peut penser que la trypanotolérance procède de faits similaires. A. G. LUCKINS (40, 41), après analyses de sérums de Guib harnaché (*Tragelaphus scriptus*), constate que les changements dans la composition des IgM et IgG chez ces antilopes, lorsqu'elles sont infectées, sont semblables à ceux observés chez les bovins. De plus, les protéines totales sont en quantité plus importante chez les Guibs infectés que chez ceux qui ne le sont pas.

Les faits, en tout cas, sont loin d'être simples et de nombreuses études sont encore nécessaires pour élucider le mécanisme de la trypanotolérance. Il y a, sans nul doute, des séquences successives d'anticorps, élaborés conformément aux différents types d'antigènes qui varient dans le temps.

On ne saurait passer sous silence le phénomène d'immunosuppression relaté dans les trypanosomiasés bovines (28). Expérimentalement, il est démontré chez des souris infectées de *T. brucei brucei* que les réponses immunitaires, perturbées par les trypanosomes, sont restaurées après traitement trypanocide (47). On peut se demander si l'immunosuppression revêt la même ampleur chez les taurins et les zébus.

b) Facteurs cellulaires

Ce point doit faire l'objet d'une synthèse précise car il y a de nombreuses données dispersées dans la littérature. Une étude comparée des formules leucocytaires chez zébus et Ndama est à entreprendre dans le détail. Si la trypanosomiase peut être accompagnée de lymphocytose (11), il y a sans doute des changements au niveau de ces lymphocytes et des conséquences sur la réponse immunitaire (47). D. NAYLOR (48), note une éosinopénie dans la trypanosomiase des bovins.

Les résultats acquis, pour expliquer le rôle des cellules immunologiquement compétentes dans l'élaboration des anticorps au cours des trypanosomiasés, proviennent surtout d'expériences sur de petits animaux. Nous ne pensons pas nous éloigner du sujet en prenant en considération les trypanosomes du groupe des *Stercoraria*, dont les antigènes sont moins variables, car ils peuvent constituer des modèles pour appréhender la biologie plus complexe des espèces pathogènes transmises par les glossines. Pour quelques-uns de ces trypanosomes donc (*T. lewisi*, *T. musculi*), l'antigène ou ablastino-

gène, provenant de la surface de la membrane des parasites à la phase initiale de l'infection, suscite la formation d'anticorps ou ablastine qui inhibe la division des trypanosomes. Un autre antigène serait à l'origine de l'élaboration d'anticorps agglutinants qui entraînent la disparition des trypanosomes au niveau du sang. Dans le cas de *T. musculi*, l'ablastine est probablement une immunoglobuline IgG sécrétée par les lymphocytes B avec la médiation des lymphocytes T, tandis que l'anticorps trypanocide est une IgM directement sécrétée par les cellules B (2). La séquence immunologique consisterait, à une étape primaire, dans la stimulation des cellules B par les parasites en division, ce qui entraîne la formation d'anticorps trypanosomicide (IgM) ou l'augmentation de l'activité des macrophages : secondairement les cellules T, stimulées elles aussi, activent les cellules B pour leur production d'ablastine (IgG) (65).

Les résultats obtenus dans le groupe *Stercoraria* semblent de même nature que dans celui des *Salivaria* qui renferment les espèces de trypanosomes pathogènes africains. C'est ainsi que A. C. ZAHALSKY et R. L. WEINBERG (82), ont pu démontrer l'élaboration d'IgM chez des rats infectés par une souche monomorphe de *T. brucei*. Cette souche pathogène tue normalement ces rongeurs en 4 jours mais lorsque les rats sont traités par l'acéturate de Diminazène (Bérénil) avant que les trypanosomes entreprennent de varier antigéniquement, il y a production d'anticorps agglutinants correspondant à l'IgM. Lors d'une seconde épreuve infectante, 60 jours après la première, il y a production d'anticorps IgG. Les auteurs concluent que l'interdépendance des lymphocytes T et B dans la production secondaire d'IgG n'est alors pas altérée, comme c'est le cas dans les infections naturelles. Celles-ci, en effet, sont caractérisées par des vagues parasitémiques dues à des populations successives de trypanosomes qui varient antigéniquement et par la suppression de la synthèse de l'IgG. Cela nous conduit à nouveau au phénomène d'immunosuppression. Selon MURRAY *et al.* (46, 47), ce phénomène serait dû à la présence des trypanosomes vivant chez l'hôte et probablement à une défaillance des lymphocytes B de celui-ci (47). Il nous paraît certain que la résistance contre les trypanosomes est liée à des cellules qui élaborent des anticorps sélectifs, notamment les cellules des complexes lymphocytes-macrophages

T. TAKAYANAGI et Y. NAKATAKE (64), par un transfert passif de cellules spléniques prélevées sur des souris immunisées contre *T. gambiense*, arrivent à conférer ultérieurement la résistance à la réinfection. Des faits similaires avaient été constatés par VIENS *et al.* (77, 78).

Sans doute y a-t-il une corrélation entre tous ces faits et le degré d'immunité et, par extension, la trypanotolérance dont le mécanisme est à élucider en prenant comme modèles les bovins eux-mêmes, en plus d'animaux de laboratoire.

Facteurs écologiques

L'habitat, en particulier, tient pour beaucoup dans la manifestation de la trypanotolérance : les races à qui l'on reconnaît des qualités de résistance ne développent une prémunition qu'à la condition de vivre dans une région infestée de glossines. Cela a été mentionné ci-dessus (13). Lorsque des bovins Ndama, élevés en région indemne de trypanosomiase, ont été transférés en zone infestée, ils ont contracté la maladie et n'ont survécu que grâce à des traitements. Si des taurins trypanotolérants sont déplacés de leur aire d'origine dans une autre, tout aussi enzootique, ils peuvent présenter des signes de trypanosomiase au début de leur transfert. Cela tient au fait que les souches de trypanosomes ne sont pas les mêmes d'une région à une autre et qu'il faut un délai pour que les bêtes élaborent de nouveaux types d'anticorps. Mais en général il n'y a pas de maladie grave. FERGUSON (19), rapporte le comportement excellent de taurins Muturu, provenant de diverses localités infestées, situées à une grande distance les unes des autres, et rassemblés dans une zone à faible densité de *Glossina palpalis* ; ces animaux ont bien résisté. La conséquence principale qui découle de ces observations est qu'il est indispensable que les animaux destinés aux régions infestées soient élevés dans un habitat propre à induire une résistance et non hors des zones à tsé-tsé.

Facteurs physiopathologiques

Le résistance aux trypanosomiasés est amoindrie par la malnutrition et les carences alimentaires. Bien que les études aient plus souvent porté sur les petits animaux de laboratoire, on sait que l'alimentation joue un grand rôle chez les bovins. K. J. R. MACLENNAN (42), rapporte l'exemple frappant de zébus maintenus à l'Uni-

versité d'Ibadan, avec risques de trypanosomiase, mais qui n'ont présenté qu'occasionnellement des signes de maladie alors que leurs congénères vivant dans un environnement similaire n'ont pas résisté, parce que mal nourris. G. POJER (54), pense que l'un des facteurs primordiaux du maintien de l'équilibre entre les trypanosomes et leur hôte se trouve dans une alimentation riche et abondante, à base de sucre, de préférence.

Le stress diminue aussi la résistance, de même que la fatigue, notamment chez les animaux de trait, et les maladies intercurrentes.

INDUCTION DE RÉSISTANCE

En dehors de toute considération de particularités ethniques, il est possible d'induire un certain degré de résistance à la trypanosomiase. Il est en effet assez souvent observé que des animaux, sujets à la maladie dans les régions enzootiques, finissent par résister s'ils sont soumis à des traitements périodiques. Dans des essais que nous avons pratiqués sur chèvres, en les infectant par *T. vivax* ou *T. congolense*, puis en les traitant par l'acéturate de Diminazène, il ressort qu'après trois ou quatre épreuves, la parasitémie est faible et la survie prolongée. D'autres ont pu constater des faits similaires avec ce même trypanocide. Des tentatives d'induction de résistance chez le zébu sont à citer : entre autres celles de I. M. SMITH (61) et de M. P. CUNNINGHAM (12). Dans les expériences de SMITH, des zébus reçurent, à intervalles de deux mois, sept doses de *T. congolense* et 7 de Quinapyramine. Six mois après que la dernière dose eut été administrée, les animaux furent soumis 5 fois, à intervalles d'un mois, à des injections de la même souche de trypanosomes : ils ont bien résisté, contrairement aux témoins. CUNNINGHAM, après avoir infecté des zébus par *T. brucei*, puis traité les animaux 14 jours plus tard avec le Bérénil, constate la production d'anticorps neutralisants ; ce lot a résisté aux infections pendant une période allant jusqu'à 8 mois, tandis que les bêtes témoins devenaient parasitémiques en moins de 7 jours.

Toutefois, il semble que la résistance induite ne puisse pas s'établir dans des situations où les risques de trypanosomiasés sont très élevés du fait de l'abondance et de la diversité des glossines et des souches de trypanosomes. Ainsi,

A. J. WILSON *et al.*, 1972, n'ont constaté chez des zébus d'Afrique de l'Est aucune augmentation de résistance en deux ans d'observation pendant lesquelles les animaux devaient être constamment traités dans une région d'hyperenzootie trypanosomienne (92). Les mêmes auteurs, par une étude portant sur des bovins de race Boran, prouvent que les animaux développent une résistance partielle au bout de 2 ans s'ils reçoivent du Bérénil chaque fois qu'ils présentent des signes cliniques de trypanosomiase. Par contre, lorsqu'ils sont traités uniquement après constatation d'une parasitémie patente, l'immunité ne se manifeste pas. Sur le plan de l'induction de l'immunité, dans ces expériences, l'Isomémidium semble l'emporter sur le Bérénil (81).

Le mécanisme de l'induction de résistance après des traitements trypanocides renouvelés doit pouvoir être expliqué, tout comme dans la trypanotolérance naturelle, par la compétence immunitaire des cellules de la lignée lymphoïde de l'hôte. Il y a lieu, ici, de revenir aux travaux de MURRAY *et al.* qui constatent que chez la souris l'infection par *T. brucei* est suivie d'une altération de la réponse immunitaire vis-à-vis de certains autres antigènes, sans doute à cause d'altérations dans la population de lymphocytes B. Cependant les réponses immunitaires sont rétablies après chimiothérapie. Ces auteurs accordent une grande importance au traitement trypanocide dans les régions où la trypanosomiase est endémique (46).

Et nous arrivons, par la force des choses, aux phénomènes de pharmacorésistance, d'infection cryptique, de parasitémie sans signes cliniques, etc... qui comportent une part de résistance artificielle de l'hôte. C'est dire la complexité du sujet du fait de l'intrication de phénomènes disparates obéissant à des lois biologiques encore mal connues.

IV. ÉPIZOOTIOLOGIE ET PATHOLOGIE DE LA TRYPANOSOMIASÉ CHEZ LES ANIMAUX TRYPANOTOLÉRANTS

Si l'avis presque unanime est que le bétail taurin trypanotolérant se comporte très différemment des zébus en ce qui concerne la résistance à la trypanosomiase, tout le monde n'est pas convaincu que cette maladie est inoffensive pour le bétail dit résistant. En vérité, il s'agit d'une parasitose et, même en admettant une

innocuité pour l'hôte tolérant, l'action spoliatrice est certaine : c'est dire que, sur le plan économique, il y a des pertes dans les productions et qu'en élevant ces races trypanotolérantes on se contente, en maintes situations, d'un « mieux que rien », là où il n'est pas possible d'introduire des animaux de grand format.

C. J. ROBERTS et A. R. GRAY, dans leurs études comparatives portant sur zébus, Ndama et Muturu, montrent la résistance de ces derniers en zone infestée : les zébus perdent du poids tandis que les Ndama, en particulier, continuent à croître. Cela avait été observé par R. L. CHANDLER (7, 8) ; de même que VAN HOEVE (75), chez des animaux naturellement infectés par *T. vivax* ou par *T. congolense*. Dans cette dernière observation, les groupes Ndama comme les Muturu ne présentent pas de symptômes cliniques évidents, à la différence des zébus, mais cependant ils accusent une perte de poids en saison sèche. Cet amaigrissement est attribuable à la pénurie de pâturage. Les Muturu sont par ailleurs sujets, pendant la saison des pluies, à une nécrobacillose du pied pouvant entraîner la mort.

On note quelquefois une forte incidence de trypanosomiase chez le bétail taurin (25). L'incidence serait, selon nous, saisonnière et liée à l'alimentation. J. MARTIGNOLLES et ADJOVI (43), avaient noté au Fouta-Djallon que beaucoup de bovins présentaient des signes cliniques de trypanosomiase, confirmée parfois par la microscopie. La maladie était favorisée par la pénurie de pâturage en fin de saison des pluies et la situation n'avait pu être améliorée que grâce à des trypanocides. Les observations faites par K. IGE et A. A. AMODU (30), sur des femelles de Ndama, exposées à des infections naturelles de *T. vivax*, *T. congolense* et *T. brucei* ou des infections mixtes, montrent que malgré la résistance des animaux, leur fertilité est affectée.

En général, on trouve chez le bétail tolérant les principales espèces de trypanosomes pathogènes du bétail africain : *T. vivax*, *T. congolense*, *T. brucei* ou les espèces voisines de même sous-genre.

MARTIGNOLLES et ADJOVI avaient relevé à Labé les fréquences suivantes chez les animaux positifs : groupe de *T. congolense* : 24 ; de *T. brucei* : 65 ; infection mixte *T. congolense-T. brucei* : 134.

Dans une étude faite en Casamance, Sénégal,

et qui remonte à 1968 (68), nous avons trouvé les fréquences suivantes chez des animaux Ndama au sens large :

— infection mixte à <i>T. vivax</i> et <i>T. theileri</i>	1
— infection mixte à <i>T. vivax</i> , <i>T. theileri</i> et Microfilaires	1
— infection mixte à <i>T. congolense</i> et Microfilaires	1
— infection à <i>T. congolense</i> seule	3
— infection à <i>T. theileri</i> et Microfilaires ..	4
— infection à <i>T. theileri</i> seule	30
— infection par Microfilaires seules	45
— Lames sans parasites apparents	245

Comme on le constate, les porteurs de trypanosomes pathogènes sont peu nombreux, à la lecture des lames. Par hémoculture, on trouve que 72,6 p. 100 des Ndama hébergent *T. theileri*. Lors d'une enquête menée pendant la saison des pluies de 1975, dans une autre région de Casamance (Ziguinchor), je n'ai trouvé, sur 179 analyses de lames, que deux animaux à parasitémie lisible de *T. congolense* ; un grand nombre, comme précédemment hébergent *T. theileri*. Plus récemment, une autre série d'analyses indique deux infections apparentes de *T. congolense* et 34 de *T. theileri* sur 189 bovins (73).

En faisant le bilan d'observations portant sur cinq années, il apparaît qu'au Sénégal, dans l'aire d'élevage des Ndama, lorsque la parasitémie est lisible sur lames, le pourcentage d'infection par *T. congolense* est nettement supérieur à celui des autres espèces de trypanosomes pathogènes (70). A titre d'exemple, relevons les résultats obtenus en mai 1974 sur 298 Ndama : 33 ont une parasitémie lisible soit 11,4 p. 100 ; 29 de ces animaux hébergent *T. congolense*, soit 88 p. 100 des cas positifs, 3 *T. vivax*, soit 9 p. 100 et 1 présente une infection mixte *T. congolense-T. vivax*.

« Il a été observé quelquefois, en particulier au Nigeria, que le bétail exposé pour la première fois au risque des tsé-tsé, présente plus fréquemment des infections à *T. vivax*, alors que chez celui qui est né, ou a été élevé dans les régions contaminées, les infections à *T. congolense* prédominent. La nature de la réponse immunitaire chez l'animal pourrait être la principale cause de cette réponse à l'infection. » Telle est une conclusion du rapporteur de la section *Epizootiologie de la Trypanosomiase*, lors du Colloque de Paris de mars 1974 (*loc. cit.* 22). Cela explique en partie nos observations. Mais on peut penser

aussi que les Ndama résistent moins bien contre *T. congolense*. Ainsi, des ânes et des bovins, placés dans le même habitat, dans la province du Niombato, Sénégal, ont des pourcentages d'infection différents : sur 31 analyses pratiquées sur des Ndama suspects, 12 sont positives avec 11 fois *T. congolense* et une seule fois *T. vivax* ; par contre sur 12 ânes examinés, on trouve, sur 8 infectés : 5 fois *T. vivax*, 1 fois *T. congolense*, 1 fois *T. vivax-T. congolense* et 1 fois *T. vivax-T. brucei* (73).

Les statistiques sur les pourcentages d'animaux Ndama présentant une parasitémie lisible, donnent des résultats variables suivant les localités et les époques de l'année. Le pourcentage peut atteindre 11 à 15 p. 100 dans les cas de moyenne infestation. Cependant, nous avons observé des valeurs de 22 à 40 p. 100 en décembre, période qui suit l'hivernage et où les glossines sont encore très nombreuses. Dans l'aire d'élevage des métis Diakoré, le nombre de bêtes infectées est généralement élevé, jusqu'à 55 p. 100, comme indiqué dans une note antérieure (69).

Il arrive que les bovins trypanotolérants manifestent une trypanosomiase clinique mortelle, aiguë ou chronique. Les symptômes de maladie sont alors les mêmes que ceux classiquement observés : accès parasitémiques accompagnés d'hyperthermie, nonchalance, larmolement, hypertrophie ganglionnaire, anémie sévère. Les faits pathologiques et les causes de la mort ne diffèrent pas dans ces cas de la maladie des zébus. L'évolution chronique peut entraîner la mort mais si les conditions s'améliorent les animaux trypanotolérants peuvent se rétablir de façon satisfaisante.

Les statistiques épizootiologiques sont rares concernant les chèvres et les moutons trypanotolérants. Il semble, ici aussi, que les infections par *T. congolense* l'emportent sur celles par *T. vivax*.

Il y a lieu de compléter les enquêtes d'épizootiologie concernant la trypanosomiase chez les races trypanotolérantes dans les différents pays où vivent ces animaux. Certes, des données existent en ce domaine mais la plupart ne sont pas actuelles et l'épizootiologie est une science dynamique dont les sujets d'étude sont soumis à des variations dans le temps et suivant les régions. Nécessaires aussi sont les recherches sur les maladies des bovins trypanotolérants autres que la trypanosomiase car les affections

intercurrentes diminuent la résistance à cette maladie et compromettent certainement un bon rendement dans les élevages. C'est pourquoi nous tenons à signaler quelques-unes des maladies les plus fréquentes dans les régions d'élevage de Ndama au Sénégal.

V. MALADIES AUTRES QUE LES TRYPANOSOMIASSES

Au premier rang les parasitoses. Cela parce que la lutte contre les grandes épizooties bactériennes ou virales a fait ses preuves et les résultats sont excellents. Certaines parasitoses, par contre, limitent les productions animales par mortalité des jeunes en bas âge et retard dans leur croissance, du fait de polyparasitisme. Cela peut être dit à propos de toutes les régions d'élevage.

Concernant les helminthoses, la situation n'est pas, semble-t-il, très grave en Casamance, sauf pour quelques affections particulières. La raison en est, sans doute, que les animaux trouvent toute l'année suffisamment de ressources fourragères et d'eau pour entretenir un bon état général de leur organisme et résister ainsi efficacement à l'agression des parasites intestinaux. Cependant la fasciolose due à *Fasciola gigantica* cause des pertes. Les jeunes, du fait du pullulement des mouches, souffrent de thélaziose oculaire due à *Thelazia rhodesi*. Telles sont quelques-unes des observations de G. VASILIADES (76).

Les eimerioses (coccidioses) ajoutent leurs effets.

Au parasitisme gastro-intestinal dû à des helminthes et des coccidies il faut ajouter l'action des ectoparasites et des maladies qu'ils peuvent transmettre. Les tiques sont souvent nombreuses ; de même que les diptères vulnérants autres que les glossines. Mais les actions néfastes des parasites qui nous paraissent les plus dommageables sont celles des hémoparasites, tels que les *Babesia*, les *Theileria* et les Microfilaires de *Filaroidea*. Dans une récente tournée en Casamance, les animaux examinés étaient pour la plupart en mauvais état, sans qu'on puisse en rattacher la cause à la trypanosomiase. L'analyse des lames révèle une infestation, chez un grand nombre de bêtes, par *Babesia bigemina*, *Theileria mutans* et des Microfilaires.

Ces quelques relations de faits sont pour attirer l'attention sur la nécessité d'un plan de zootechnie des animaux trypanotolérants qui accorderait une aussi grande importance à l'ethnologie des races, leur élevage, leur sélection, leur multiplication, leur croisement avec d'autres souches, qu'à tous les problèmes de pathologie qui pourraient constituer un obstacle dans ces efforts.

Pour les différentes activités de recherche et de production portant sur les animaux trypanotolérants, on ne peut que recommander ici la lecture d'un rapport de la F. A. O. à ce sujet (18).

La sélection de la résistance naturelle et l'induction de la résistance grâce aux recherches sont parmi les actions prioritaires pour développer l'élevage dans tous les pays d'Afrique concernés par les trypanosomiasés animales.

SUMMARY

Trypanotolerance. Review on actual knowledge

In reviewing the actual knowledge on trypanotolerance, as synthesized in the present paper, the author presents some zootechnical data dealing with the actual breeds of african humpless cattle, their morphological feature and productivity. Some cross-breeds between trypanotolerant cattle and zebu (or foreign animals) are also examined for comparison purposes. Concerning the biological fundamentals of trypanotolerance, an important part of this paper refers to some experimental results indicating increased resistance in african humpless breeds as the NDama and the dwarf shorthorn. Such a resistance is not an absolute one and it has been observed in several occasions sensitivity to diseases other than trypanosomiasis. Some other species of trypanotolerant animals, among which goats, sheep and horses, are briefly presented. Biological bases of trypanotolerance are even ill defined due to the complexity of the phenomenon. However there is some evidence that immunological capabilities of trypanotolerant animals are related to genetic factors and are fully expressed when the breeds living in tsetse-infested areas have the benefit of a good husbandry.

RESUMEN

La tripanotolerancia. Revista de los conocimientos

Este sintesis pasa revista de la zootecnia del ganado tripanotolerante : razas criadas, características morfológicas, productividad. Se comparan los animales proviniendo de cruzamientos entre taurinos tripanotolerantes y cebues o razas no africanas. Se dan indicaciones concerniendo a las bases biologicas de la tripanotolerancia y a menudo, como referencias, resultados experimentales que evidencian una buena resistencia de los taurinos africanos. Dicha resistencia no está absoluta y la incidencia de otras enfermedades que la tripanosomiasis tiene consecuencias enfadosas sobre el ganado tripanotolerante. Sobretudo se trata de los bovinos pero tambien de otros animales. Las bases biologicas de la tripanotolerancia son complejas y mal definidas, pero verosimilmente factores geneticos compronan aptitudes inmunologicas, enteramente manifestadas por animales bien mantenidos en un medio infestado por moscas tse tse.

BIBLIOGRAPHIE (*)

1. Ablastin : the phenomenon. *Expl. Parasit.*, 1975, **38** (3) : 303-369.
6. CECCALDI (J.), VAUCEL (M.). Concerning a sleeping sickness patient observed at irregular intervals during 16 years (Chronic infection or reinfection). I. S. C. T. R., 6^e Réunion, Salisbury, 1956, p. 185-191.
7. CHANDLER (R. L.). Etude comparative sur la résistance aux trypanosomiasés du Ndama de l'ouest africain. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 1952, **46** (2) : 127-134.
8. CHANDLER (R. L.). Studies on tolerance of NDama cattle to trypanosomiasis. *J. comp. Path. Ther.*, 1958, **68** : 253-260.
13. DESOWITZ (R. S.). Studies on immunity and host parasite relationships. 1. The immunological response of resistant and susceptible breeds of cattle to trypanosomal challenge. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 1959, **53** (3) : 293-313.
15. DOMINGO (A. M.). Contribution à l'étude de la population bovine des Etats du Golfe du Benn. Thèse Doct. d'Etat vét. Ecole inter-Etats des Sciences et Médecine vétérinaires de Dakar, 1975-1976, n° 1, 148 p. polycopié.
18. F. A. O. Rapport de la première consultation d'experts sur la recherche concernant la trypanotolérance et l'élevage du bétail trypanotolérant. Rome, F. A. O., 1976 (AGA-820), 42 p.

28. HOLMES (P. H.), MAMMO (E.) *et al.* Immunosuppression in bovine trypanosomiasis. *Vet. Rec.*, 1974, **95** : 86-87.
31. JOUVE (J. L.), LETENNEUR (L.). Etude en Côte-d'Ivoire, de la croissance de taurillons Ndama entretenus suivant divers modes d'embouche, p. 191-198. In : L'embouche bovine en Afrique tropicale et à Madagascar. Colloque de Dakar, Sénégal 4-8 déc. 1973. Maisons-Alfort, I. E. M. V. T.
36. LAPEYSSONNIE (L.). Deuxième note concernant un cas exceptionnel de trypanosomiase. Parasitémie observée depuis 21 ans sans signes cliniques appréciables chez une malade traitée inefficacement pendant les dix premières années. *Bull. Soc. Path. exot.*, 1960, **53** (1) : 28-32.
37. LARRAT (R.), CAMARA (A.), CHALUMEAU (P.). Les bovins Ndama du Sénégal. *Bull. Serv. Elev. Ind. anim. A. O. F.*, 1948, **1** (4) : 15-21.
38. LEGEAY (G.). Quelques observations sur le croisement Tarentais-Ndama en guinée française. *Bull. Serv. Elev. Ind. anim., A. O. F.*, 1949, **2** (1) : 7-11.
44. MONNIER-CAMBON (J.). Etude des chromosomes de *Bos indicus*. *C. R. Séanc. Acad. Sci., Paris*, 1964, **259** : 3840-3843.
49. PAGOT (J.). Les races trypanotolérantes. Colloque sur les moyens de lutte contre les trypanosomes et leurs vecteurs, Paris, 12-15 mars 1974, p. 235-248.
51. PETIT (J. P.). Détermination de la nature des hémoglobines chez 982 bovins africains et malgaches (taurins et zébus) par électrophorèse sur acétate de cellulose. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1968, **21** (3) : 405-413.
57. ROBERTS (C. J.), GRAY (A. R.). Studies on trypanosome-resistant cattle. II. The effect of trypanosomiasis on Ndama, Muturu and Zebu cattle. *Trop. anim. Hlth. Prod.*, 1973, **5** (4) : 220-233.
62. STEPHEN (L. E.). Observations on the resistance of West African Ndama and Zebu cattle to trypanosomiasis following challenge by wild *Glossina morsitans* from an early age. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 1966, **60** : 230-246.
81. WILSON (A. J.), PARIS (J.) *et al.* Observations on a herd of beef cattle maintained in a tsetse area. II. Assessment of the development of immunity in association with trypanocidal drug treatment. *Trop. anim. Hlth. Prod.*, 1976, **8** (1) : 1-11.

(*) La bibliographie complète (92 réf.) sera communiquée aux personnes qui en feront la demande auprès de la Rédaction de la Revue.

Pâturages de la zone tropicale humide. Connaissances acquises et besoins en recherches complémentaires

par G. BOUDET (*)

RÉSUMÉ

En zone tropicale humide, les connaissances sur les formations végétales et leur productivité primaire nette permettent de formuler des principes fondamentaux de gestion des pâturages naturels. Cependant les écosystèmes pâturés ne se conçoivent qu'en y intégrant l'animal herbivore et il est urgent de préciser leur production secondaire évaluée en viande, car les données fournies par les exploitations existantes sont souvent insuffisantes ou trop fragmentaires.

A l'exception des régions d'altitude, la zone tropicale humide n'est pas traditionnellement une terre d'éleveurs et la recherche sur les pâturages tropicaux humides doit en tenir compte et présenter l'originalité d'une approche intégrant l'estimation des ressources pastorales dans un contexte où spéculation agricole et spéculation élevage ne peuvent être qu'étroitement imbriquées.

RESSOURCES PASTORALES EN ZONE TROPICALE HUMIDE

La zone tropicale humide est un terme ambigu et les limites peuvent varier selon les auteurs. Pour les pâturages, il semble judicieux de considérer la région comprise entre l'équateur et la limite d'extension des forêts claires, forêts dont les arbres ont des cimes plus ou moins jointives. Cette zone englobe donc la forêt dense sempervirente équatoriale, les forêts denses sèches où seul le sous-bois est sempervirent, les forêts

claires où des graminées peuvent subsister dans le sous-bois et les différents types de savanes, plus ou moins boisées constituant des faciès de substitution des forêts primitives à la suite des défrichements, des mises en cultures et des feux répétés.

Les conditions climatiques varient du climat équatorial au climat tropical humide. Au voisinage de l'équateur, secteur de la forêt dense équatoriale, la pluviosité moyenne annuelle est supérieure à 1 600 mm avec un régime de deux saisons des pluies, les saisons sèches intercalaires se traduisant surtout par une diminution relative des pluies et la période active (*) de la végétation herbacée y est toujours supérieure à 10 mois. Au-delà, les conditions d'aridité augmentent avec possibilité de distinguer 3 secteurs :

— le secteur périforestier délimité par une

(*) La période active est la période pendant laquelle les besoins d'eau pour l'évaporation, phénomène physique dépendant du degré hygrométrique de l'air et pour la transpiration des plantes, phénomène physiologique, sont comblés par les précipitations (pluies, rosée) ou par les réserves en eau accumulées dans les horizons du sol prospectables par les racines.

(*) Directeur de Recherches agropastorales. I. E. M. V. T., 10, rue Pierre-Curie, 94700 Maisons-Alfort, France.

période active supérieure à 7 mois et une pluviosité annuelle de 1 300 à 1 500 mm ;

— le secteur soudano-guinéen délimité par une période active supérieure à 5 mois et une pluviosité annuelle supérieure à 1 000-1 300 mm avec pour limite nord : Casamance, sud Mali, sud Haute-Volta, nord Ghana, centre Nigeria, nord Adamaoua.

Parallèlement, avec l'altitude qui atténue les caractères tropicaux du climat, peuvent être distingués :

— le secteur des plateaux entre 800 et 1 500 m d'altitude ;

— le secteur altimontain, au-dessus de 1 500 m d'altitude.

La production pastorale dépend de la longueur de la période active, du potentiel de fertilité des sols qui varie avec la nature géologique du sous-sol, le modelé du terrain, la situation topographique, et surtout du rapport d'équilibre existant entre strate herbacée et strate ligneuse, cette dernière tendant à dominer dès que les herbes sont consommées par du bétail.

En secteur forestier, des savanes sur terrain sableux à *Brachiaria brachylopha* et *Hyparrhenia diplandra* peuvent fournir 3 500 kg/ha de MS appétable (*) (185 j/an de pâture d'un UBT).

En secteur périforestier, les savanes sur sol profond de plateaux à *Hyparrhenia diplandra* et *Hyparrhenia rufa* produisent 13 t/ha de MS (700 j/an de pâture d'un UBT). Sur terrains squelettiques gravillonnaires la savane à *Loudetia arundinacea* fournit 2 500 kg/ha de MS (130 j/an de pâture d'un UBT) de même que la savane à *Andropogon ascinodis* et *Hyparrhenia smithiana* sur terrains sablonneux de bas de pente.

En secteur soudano-guinéen, la production des savanes sur terrains pénéplanés à sol profond à *Andropogon ascinodis* et *Diheteropogon amplexans* atteint 3 t/ha de MS (160 j/an de pâture d'un UBT), celle des terrains squelettiques gravillonnaires à *Loudetia simplex* et *Schizachyrium sanguineum*, 2 t/ha de MS (100 j/an de pâture d'un UBT), celle des terrains squelettiques cuirassés à *Andropogon ascinodis* et *Loudetia*

simplex, 1,5 t/ha de MS (80 j/an de pâture d'un UBT), celle des glacis colluviaux à *Andropogon gayanus* et *Hyparrhenia smithiana*, 3 t/ha de MS (160 j/an de pâture d'un UBT) et celle des savanes des vallées inondables à *Hyparrhenia rufa* et *Setaria sphacelata*, 8 t/ha de MS (420 j/an de pâture d'un UBT).

Sur les hauts plateaux, la production des savanes à *Hyparrhenia rufa* et *Hyparrhenia diplandra* sur terrains profonds est de 4 t/ha de MS (210 j/an de pâture d'un UBT) et celle des savanes à *Loudetia arundinacea* et *Schizachyrium sanguineum* est de 1,5 t/ha de MS (80 j/an de pâture d'un UBT).

En secteur altimontain, la production de la savane à *Sporobolus africanus* est également estimée à 1,5 t/ha de MS (80 j/an de pâture d'un UBT).

EXPLOITATION DES PÂTURAGES EN ZONE TROPICALE HUMIDE

A basse altitude, l'élevage bovin est traditionnellement une activité secondaire, le troupeau villageois constituant plutôt une forme d'épargne vivante. Les bovins sont des taurins trypano-résistants alors que les races zébus doivent être protégées par chimio-prévention. Les troupeaux pâturent sous gardiennage pendant la période des cultures, à l'extérieur des zones d'extension des terres cultivées. Après les récoltes, les troupeaux se déplacent librement et consomment d'une part les résidus de récoltes sur champs ainsi que les repousses d'adventices en particulier sur rizières, et d'autre part les repousses après feux, hors des terrains cultivés. La charge effective de saison sèche est alors estimée à 2 ha/UBT sur terres cultivées ou rizières et à 5 ha/UBT hors cultures après feux.

Avec l'augmentation des besoins en viande et l'extension de la culture attelée, cet élevage de cueillette doit faire place à une véritable spéculation élevage sur parcours extensifs ou prairies cultivées et quelques acquis peuvent être mentionnés, avec expérimentation sur taurillons.

En secteur soudano-guinéen du Nigeria (5) des parcours déboisés et brûlés en mars tous les 3 ans peuvent fournir :

— un gain de poids vif de 45 kg/ha en saison des pluies, avec une charge d'1 ha/tête (45 kg/tête) ;

(*) La production herbacée (biomasse) des espèces pâturables est mesurée en fin de période active sur des plages enherbées, dépourvues de ligneux et permet d'estimer la charge théorique d'un pâturage débroussé sur la base d'un tiers de la production consommable par un UBT de 250 kg dont la consommation journalière serait de 6,25 kg de MS.

— un gain de poids vif de 20 kg/ha/an, avec une charge de 2,5 ha/tête (50 kg/tête/an).

Sur les plateaux du Cameroun (Wakwa), en saison des pluies, avec rotation et temps de repos de 25 j, on obtient un gain de poids vif de 140 kg/ha avec une charge de 0,5 ha/tête (70 kg/animal).

En saison sèche, avec une charge de 2 ha/tête, la perte peut atteindre 20 p. 100 par animal en fin de saison (50 kg/animal). Cette perte est annulée et remplacée par un gain de 5 p. 100 en distribuant une supplémentation d'un kg de tourteau de coton par tête pendant les 2 derniers mois de la saison sèche. Sans supplémentation et avec 2 ha/tête/an dont 0,5 ha pâturé en saison des pluies, le gain de poids par an n'est que de 10 kg/ha (20 kg/animal).

Des résultats y ont été obtenus sur les risques d'embroussaillage et les moyens d'y remédier : avec pâture répétée en saison des pluies et suppression des feux, le pâturage évolue vers une forêt basse en 15 ans. Avec des feux pratiqués après mise hors pâture d'une saison des pluies, l'embroussaillage est contrôlé avec un feu de pleine saison sèche tous les 3 ans et il est réduit de moitié en 10 ans, si le feu est appliqué tous les 3 ans, mais seulement lorsque les pluies sont installées (après 100 mm de pluie).

L'appoint d'une prairie cultivée a également été testé : au Nigeria, la chute de poids de saison sèche est remplacée par un gain de 10 kg/tête, lorsque les animaux pâturent en saison sèche, avec une charge d'1 ha/tête, une superficie comprenant 2/3 de savane et 1/3 de *Stylosanthes guyanensis*. Sur pâture de Stylo, un gain de 45 kg/ha (45 kg/tête) est obtenu sur les 6 mois de saison sèche, avec une charge de 1 ha/tête. Avec exploitation toute l'année, en rotation avec une charge de 1,25 ha/tête, le gain de poids vif est de 135 kg/ha (168 kg/tête). Des résultats voisins ont été obtenus en limite nord du secteur périforestier à Bouaké (CHARRAY, 1973) où avec une charge de 0,55 ha/tête, un gain de poids vif de 175 kg/ha (97 kg/tête) a été obtenu pendant les 5 mois de saison des pluies.

BESOINS EN RECHERCHES COMPLÉMENTAIRES

En définitive, les pâturages naturels potentiels de la zone tropicale humide sont constitués

par toutes les formations végétales présentant un tapis graminéen appréciable, ainsi que tous les stades de jachères après abandon des cultures, dans la mesure où subsiste toute l'année des possibilités d'abreuvement.

Pendant parmi les graminées présentes, certaines sont appréciées par le bétail, d'autres sont consommées sans empressement et certaines sont délaissées. La qualité du parcours en résulte et, sous pâture, un déséquilibre s'installe entre ces diverses espèces. Ce déséquilibre va s'accroissant avec la charge, la fréquence du broutage et les espèces les plus recherchées s'affaiblissent puis disparaissent.

Par ailleurs, l'importance du couvert ligneux entraîne, outre le risque accru de trypanosomiases, une modification de la flore herbacée. Les graminées recherchant l'ensoleillement sont éliminées dans les plages d'ombre au profit de graminées souvent moins productives ou d'espèces herbacées et subligneuses non pâturables.

L'estimation des ressources pastorales d'une région doit comprendre l'inventaire des pâturages potentiels qui sont en perpétuel remaniement, soit par la culture, soit par la pâture elle-même, car la production des parcours varie avec l'embroussaillage, l'ombre portée des ligneux alors qu'*a priori* elle ne dépend que du potentiel de fertilité lié aux types de sol et aux conditions hydriques des diverses situations topographiques.

Dans toute cette zone, les parcours potentiels et les parcelles cultivées sont étroitement imbriqués à l'exception de quelques territoires délaissés soit parce qu'ils constituaient des « marches » entre 2 ethnies rivales, soit parce que les conditions naturelles étaient impropres à l'établissement permanent de groupements humains (absence d'approvisionnement en eau, pauvreté des sols, présence d'endémies). Mais ces espaces libres sont peu à peu colonisés par l'homme au fur et à mesure que des techniques nouvelles permettent d'y rendre viables les conditions d'existence.

L'inventaire des ressources pastorales de cette zone se rapproche donc plutôt d'une étude cadastrale du parcellaire des terroirs villageois avec des moyens d'investigation actualisés (photos aériennes) et une cartographie à grande échelle, la classification des parcours répertoriés étant basée d'une part sur

les conditions édaphiques et d'autre part sur l'importance de l'embroussaillage, la nature des ligneux (rejets, gaulis, perchis, futaie) et du degré de recouvrement des couronnes :

— savane herbeuse (grassland) (*) pour un couvert inférieur à 2 p. 100,

— savane arborée (wooded grassland) pour un couvert inférieur à 20 p. 100,

— savane arbustive (bushland) pour un couvert inférieur à 40 p. 100 avec des arbustes à troncs peu différenciés et de taille inférieure à 5 m,

— savane boisée (grassed woodland) pour un couvert inférieur à 40 p. 100 avec des arbres à troncs bien différenciés et de taille supérieure à 5 m,

— forêt claire (woodland) pour un couvert supérieur à 40 p. 100.

Dans un premier stade, l'inventaire des parcours potentiels pourra être illustré par un calque équipant les cartes topographiques à 1/200 000 (type I. G. N.) où figurent déjà le relief, l'hydrographie, les voies de communication, les agglomérations.

L'amélioration de la gestion des parcours nécessite des investissements fonciers à réaliser par les exploitants des parcours, ce qui suppose qu'au préalable, un statut juridique des parcours soit élaboré, constituant une sorte de code rural en vue d'assurer à l'utilisateur une pérennité d'usage afin de bénéficier des fruits de l'amélioration effectuée, sans pour autant instituer un droit de propriété inaliénable et transmissible aux héritiers.

Ce préalable étant respecté, les connaissances fragmentaires déjà acquises permettraient de vulgariser des principes élémentaires de gestion des parcours :

— attribution, bornage et si possible clôture d'unités-parcours gérées par un exploitant (individu, famille, coopératives...);

— découpage de l'unité-parcours en 2 blocs afin de pratiquer une rotation primitive en balancier respectant rigoureusement un repos de 3 à 4 semaines (le temps de séjour serait donc de même durée, car il est utopique et non économique d'envisager le passage immédiat

d'un élevage de cueillette en vaine pâture à un élevage en rotation complexe respectant un temps de séjour de 2 à 3 j);

— protection de l'unité-parcours contre les feux courants par des pare-feux extérieurs établis par feux très précoces sur terrains cuirassés, par brûlis précoces de bandes de végétation herbacée pailleuse préalablement couchée et brisée par le traînage de grosses branches ou d'un traîneau de poutrelles, ou par bandes de cultures annuelles précoces (mil, arachide...);

— lutte contre l'embroussaillage en ne brûlant que tous les 2 ou 3 ans après l'établissement des pluies, les plages de refus pailleux à l'intérieur des blocs;

— respect d'une charge en bétail d'1 ha par 100 kg de poids vif en secteur soudano-guinéen à 0,75 ha par 100 kg de poids vif en secteur périforestier, une supplémentation équivalent à 1 kg de graines de coton par tête étant indispensable pendant les 2 derniers mois de saison sèche.

A la vulgarisation de ces principes de gestion de parcours de première génération, devrait être associée une *expérimentation d'accompagnement* destinée à préciser les connaissances d'une part sur la production secondaire des parcours en gain de poids vif par des troupeaux de taurillons avec pesées mensuelles et d'autre part sur la surveillance continue des parcours en contrôlant par inventaire statistique l'évolution de la composition du tapis graminéen de chaque type de parcours ainsi que celle du recouvrement des strates ligneuses. Sans compliquer la rotation des parcours, 2 à 3 charges seraient comparées par rotation sur 2 blocs pour des unités expérimentales englobant les principaux types de parcours du secteur. La charge moyenne de début d'expérimentation serait définie par l'estimation de la biomasse appétible en fin de période active. Les résultats déjà acquis confirment d'ailleurs que cette estimation est raisonnable : 2 ha/UBT à Abokouamekro (C. I.) pour une estimation de 130 j/ha de pâture; 1,5 ha/UBT à Wakwa (plateaux du Cameroun) pour 210 j/ha de pâture. Les charges comparées seraient à \pm 30 p. 100 de la charge moyenne, par exemple 90, 125 et 160 kg/ha pour Abokouamekro.

Le troupeau élémentaire de l'expérimentation devrait être d'environ 30 taurillons en bon état sanitaire et âgés de 15 mois à 2 ans dont

(*) Les termes entre parenthèses sont des termes usuels anglophones.

l'évolution du poids moyen, si l'expérimentation est satisfaisante, devrait :

- accuser une croissance compensatrice de 2 à 3 semaines en début des pluies ;
- progresser d'environ 150 g/j/100 kg de poids vif pendant la période active de végétation ;
- stagner pendant les 3 premiers mois de saison sèche ;
- ensuite décroître d'environ 150 g/j/100 kg de poids vif jusqu'aux pluies.

De meilleures performances feraient supposer une charge favorable alors que des performances inférieures pourraient provenir d'une charge inadaptée. Une supplémentation serait alors distribuée pour sauvegarder le capital cheptel. L'expérimentation serait poursuivie pendant 2 ans avec le même troupeau, les effets de la charge étant par ailleurs contrôlés sur le parcours par l'estimation des refus, les variations de la composition floristique et surtout le comportement des espèces les mieux appréciées. En cas de modification dangereuse du couvert

végétal, après 2 ans ou multiple de 2 ans, le bloc expérimental pourrait être mis hors pâture, protégé des feux courants puis brûlé après l'établissement des pluies.

Des essais de restauration de parcours doivent aussi être poursuivis sur pâturages déjà dégradés, en particulier par surcharge en pâture continue, soit par travail du sol uniquement, soit par travail du sol et implantation de graminées à stolons (*Cynodon plectostachyus*, *Digitaria umfolozi*...) ou des graminées rustiques peu exigeantes (*Melinis minutiflora*).

Des essais d'amélioration des parcours doivent être conduits également, de préférence sur les sols à fort potentiel de fertilité en vue d'une intensification future de l'élevage. Ces essais doivent être amorcés en réseau multilocal avec test d'introduction et de production d'espèces locales en culture pure ou association graminées-légumineuses, mais aussi d'espèces exotiques (collections australiennes par exemple).

SUMMARY

Grasslands in the humid tropics. Present knowledge and further research requirements

In the humid tropics, basic principles of grassland management can be formulated from the knowledge of vegetation formations and their net primary productivity. Yet the grazed ecosystems can be conceived only by integrating the grass-eating animal into it and it is urgent to specify their secondary production as meat for the data obtained from the farms are often inadequate and too fragmentary.

RESUMEN

Pastos de la zona tropical húmeda Conocimientos adquiridos y necesidades de investigaciones complementarias

En zona tropical húmeda, los buscadores especializados en el estudio de los pastos naturales ya han adquirido conocimientos permitiendo elaborar algunos principios fundamentales de gestión de los pasturajes (range management) susceptibles de ser utilizados como temas de base para la vulgarización. Dichos principios son el respeto del tiempo de descanso, durante tres semanas a un mes, de los rebrotes de las gramíneas y, para limitar la invasión de malezas, la necesidad de un fuego al fin de temporada seca, cada tres años, con una provisión de pajas proveniente de un no pastoreo durante un año.

Sin embargo, al inventario de los tipos de pasturaje, a la estimación de la producción por cortas y pesadas, a la elaboración de series evolutivas por observación minuciosa de los pasturajes explotados para la ganadería tradicional o mejorada, se necesita añadir imperativamente una multiplicación de ensayos de cargo con el fin de testar mediante un rebaño homogéneo la producción secundaria (evaluada en kg de peso vivo por hectárea) susceptible de ser obtenida con varias cargas y varios esquemas de gestión de los pasturajes.

Paralelamente, se necesita efectuar en red multilocal ensayos de restauración de los pasturajes y de mejora de la producción de los pasturajes con enriquecimiento de la flora, por ejemplo.

BIBLIOGRAPHIE

1. BOUDET (G.). Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères, 2^e éd. Paris, Maisons-Alfort, Ministère de la Coopération, I. E. M. V. T., 1975, 235 p.
2. BOUDET (G.). Problèmes posés par l'estimation de la capacité de charge d'un pâturage naturel tropical. Addis-Abéba, C. I. P. E. A.-I. L. C. A. ; Actes du Colloque sur l'inventaire et la cartographie des pâturages tropicaux africains, Bamako, Mali, 3-8 mars 1975, pp. 265-267.
3. CHARRAY (J.). Embouche de zébus peuls sur *Stylosanthes gracilis* I. E. M. V. T., Colloque de Dakar sur l'embouche intensive des bovins en pays tropicaux, 4-8 décembre 1973, pp. 167-170.
4. C. S. A. Phytogéographie (Yangambi 1956). Londres, C. C. T. A., 1956 (publ. n° 22), 35 p.
5. DE LEEUW (P. N.), BRINCKMAN (W. L.). Pasture and rangeland improvement in the northern Guinea and Sudan zone of Nigeria. Ibadan, International symposium on animal production in the tropics, 1973, 13 p.
6. PIOT (J.), RIPPSTEIN (G.). Rapports annuels d'activités de la station fourragère de Wakwa — N'Gaoundéré (Cameroun), 1964 à 1975.
7. PRATT (D. J.), GREENWAY (P. J.), GWYNNE (M. D.). Classification of East African rangeland with an appendix on terminology. *J. appl. Ecol.*, 1966 (3) : 369-382.

La dégradation des pâturages de la région de N'Djamena (République du Tchad) en relation avec la présence de Cyanophycées psammophiles

Etude préliminaire

par D. DULIEU (*), A. GASTON (**) et J. DARLEY (***)

RÉSUMÉ

Dans la région de N'Djamena, la présence de colonies de Cyanophycées psammophiles (*Scytonema* sp.) a été relevée sur de nombreux pâturages. Cette présence semble liée à une diminution de la biomasse herbacée par imperméabilisation de l'horizon superficiel. Dans le cadre de cette hypothèse, elle serait à l'origine d'une accélération des processus érosifs, en facilitant le ruissellement d'une part, et en diminuant la protection des sols, réalisée par les pailles d'autre part. Par ailleurs, il apparaît que la présence de l'algue est liée à un certain appauvrissement du cortège floristique ; ce phénomène marquerait donc le début de la dégradation des pâturages sur sable et aurait valeur d'indicateur.

INTRODUCTION

La région de N'Djamena est située dans le domaine sahélo-soudanien, caractérisé par une seule saison des pluies, répartie de juin à septembre. Les normales arrêtées en 1970 la situent entre les isohyètes 400 et 600 mm ; la sécheresse des dernières années la place entre 300 et 500 mm.

La végétation naturelle correspond à une steppe arbustive où les épineux tiennent une large place, *Acacia seyal* et *Balanites aegyptiaca* constituant une constante du paysage.

Les troupeaux sillonnent les parcours, infligeant à la végétation leur marque habituelle

— arbres rabougris, absence de graminées vivaces, tapis herbacé appauvri en espèces, où les éphémérophytes, mieux adaptées au piétinement, prennent le relais des espèces à cycle long, érosion du sol, taches stériles, où le colmatage de l'horizon superficiel interdit la croissance des graminées, etc.

C'est dans ce contexte de végétation soumise au surpâturage que se situe cette étude.

Au cours de prospections agropastorales effectuées dans le cadre du Projet Assalé Serbewel (CBLT), la présence de placages sombres a été observée sur la plupart des parcours sableux considérés. L'aspect de ces plaques, qui évoque fidèlement un colmatage d'origine limoneuse de l'horizon superficiel a été rapproché de celui de certaines colonies de Cyanophycées. Cette hypothèse a été confirmée par un examen microscopique qui a mis en évidence une prolifération intense de filaments d'algues bleues

(*) Agropostoraliste I. E. M. V. T., Laboratoire de Farcha, B. P. 433, N'Djaména, Tchad.

(**) Agropostoraliste, I. E. M. V. T., 10, rue Pierre-Curie, 94700 Maisons-Alfort, France.

(***) Laboratoire de Biologie Végétale, Faculté des Sciences de N'Djaména, Tchad.

parmi lesquelles domine largement une espèce du genre *Scytonema* (Fig. I) ; quelques *Microcoleus* se développent également dans ce milieu, mais deviennent secondaires.

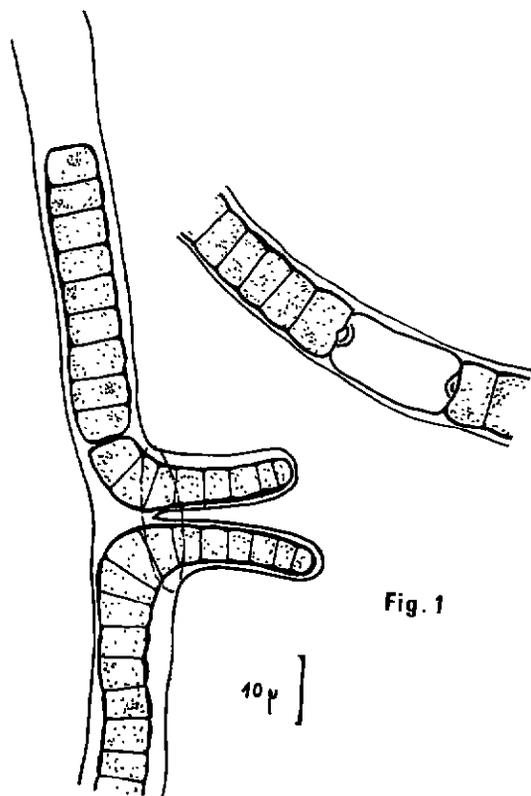


Fig. I. — Filaments de *Scytonema* observés au grossissement $\times 1000$.

Suite à cette première approche, une prospection systématique a été entreprise, afin de déterminer les caractéristiques écologiques de ces colonies et surtout leurs significations et implications éventuelles sur le plan pastoral.

LOCALISATION

Extrêmement répandues dans toute la région considérée, les colonies de *Scytonema* sont particulièrement importantes au niveau des groupements végétaux (1) sur sable, à *Acacia senegal*, *Schoenefeldia gracilis* et *Aristida mutabilis*.

GASTON distingue plusieurs groupements végétaux distincts, au niveau desquels la présence de *Scytonema* a été enregistrée. Le relevé phytosociologique suivant correspond au groupement végétal ES₁ de la carte des pâturages.

Arbres et arbustes :

<i>Acacia senegal</i>	3
<i>Balanites aegyptiaca</i>	1-2
<i>Ziziphus mauritiana</i>	1
<i>Boscia senegalensis</i>	1
<i>Bauhinia rufescens</i>	1
<i>Cadaba farinosa</i>	+
<i>Acacia seyal</i>	+
<i>Capparis corymbosa</i>	+

Annuelles :

<i>Schoenefeldia gracilis</i>	3-4
<i>Chloris pilosa</i>	3
<i>Aristida funiculata</i>	2
<i>Aristida mutabilis</i>	2
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	1.

Les colonies existent également, mais de manière très sporadique au niveau des groupements végétaux à *Commiphora africana*, dont le caractère plus nettement dunaire semble incompatible avec le développement de l'algue.

De même, elles sont totalement absentes des substrats limono-argileux caractérisant les groupements végétaux à *Acacia seyal* ou *Acacia nilotica*. Elles figurent à l'état relictuel au niveau des microreliefs sableux à *Acacia senegal* qui subsistent parfois dans les zones très érodées (fig. II et III).

L'analyse granulométrique effectuée à partir de l'horizon superficiel qu'elle colonise met en évidence le caractère psammophile de *Scytonema* et son aptitude à occuper les parcours les plus intéressants sur le plan pastoral.

La figure III, qui illustre la position de l'algue au niveau du groupement MS, matérialise l'opposition existant entre le développement de *Schoenefeldia gracilis* et celui de *Scytonema*. La croûte que forme cette dernière élimine en effet une partie de la biomasse graminéenne potentielle en constituant des plaques nues plus ou moins étendues où les talles de *Schoenefeldia gracilis* ne se développent que difficilement et en faible quantité.

Cet antagonisme se retrouve sous une forme moins marquée au niveau du groupement végétal Mp, où l'algue ne constitue pas de plaques nues à proprement parler, mais limite la densité du couvert herbacé.

Au vu de cette répartition, il est apparu que la présence de *Scytonema* pouvait constituer un facteur limitant de la productivité des

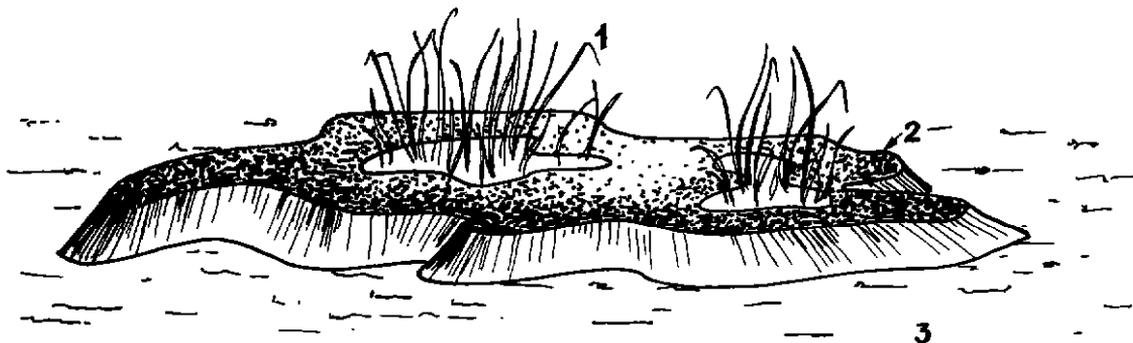


Fig. 2

Fig. II. — Localisation de *Scytonema* au niveau d'un relief témoin sableux en zone érodée (Pont Belele).

- 1) *Schoenefeldia gracilis*.
- 2) Colonies de *Scytonema*.
- 3) Horizon superficiel colmaté.

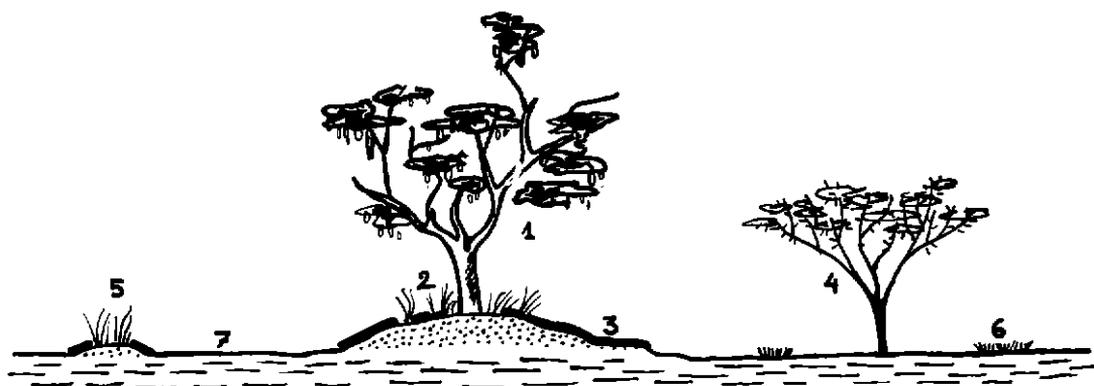


Fig. 3

Fig. III. — Localisation de *Scytonema* dans la région de Pont-Belele.

- | | |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1) <i>Acacia senegal</i> relictuel. 2) Butte sableuse relictuelle à <i>Schoenefeldia gracilis</i>. 3) Colonies de <i>Scytonema</i> en surface de butte sableuse. 4) <i>Acacia seyal</i> pionnier. | <ol style="list-style-type: none"> 5) Placage sableux à <i>Schoenefeldia gracilis</i> et colonies de <i>Scytonema</i>. 6) <i>Panicum laetum</i> pionnier. 7) Horizon superficiel sablo-limoneux colmaté stérile. |
|--|---|

pâturages, et une étude tendant à déterminer les caractéristiques physicochimiques des rapports algue-graminée a donc été entreprise.

— Granulométrie des substrats.

Les prélèvements d'horizons superficiels, destinés à l'analyse granulométrique, ont été effectués dans la région de Pont Belele (fig. II et III).

Trois types d'échantillons ont été sélectionnés :

— une première série, au niveau des colonies de *Scytonema*, l'épaisseur du prélèvement ne dépassant pas 1 cm ;

— une deuxième série, en « bas de pente », sur sol colmaté ;

— une troisième série en « haut de pente », sur sable à *Schoenefeldia gracilis*, indemne.

Le tableau I donne les compositions granulométriques de 6 horizons superficiels analysés. Il ressort des chiffres obtenus que les compositions des substrats à *Schoenefeldia gracilis* et de ceux à *Scytonema* sont extrêmement voisines. On peut les qualifier de « sables fins à faible tendance limoneuse ». Au contraire les « bas de pente », colmatés, sur lesquels l'algue ne se développe pas, montrent une plus grande richesse en éléments fins, argile et limons.



Fig . 4

D.D. 1976

Fig. IV. — Localisation de *Scytonema* dans la région d'Azoki.

- | | |
|--|---|
| 1) <i>Anogeissus leiocarpus</i> relictuel. | 4) Colonies de <i>Scytonema</i> . |
| 2) <i>Acacia senegal</i> relictuel. | 5) Sol tronqué par érosion ravinante avec concrétions de surface. |
| 3) Végétation herbacée psammophile. | |



Fig . 5

Fig. V. — Localisation de *Scytonema* dans la région de Lehan.

- | | |
|--|--|
| 1) <i>Sclerocarya birrea</i> . | 4) Végétation herbacée limitée dans sa densité par la présence de <i>Scytonema</i> . |
| 2) <i>Acacia senegal</i> . | |
| 3) Placage sub-continu de <i>Scytonema</i> . | |

TABLE N° I - Composition granulométrique de l'horizon superficiel (Sédimentation et tamisage) de 6 Stations (région de Pont Bebele).

Sol séché à l'air Pourcentage du poids	Sable à <i>Schoenefeldia gracilis</i> indemne		Sable à <i>Scytonema</i>		Sable limoneux colmaté, stérile	
	1)	2)	3)	4)	5)	6)
Humidité (obtenue par passage à l'étuve 105°C)	0,32	0,36	0,42	0,50	1,01	1,26
Argiles > 2 µ	3,25	3,50	4,00	4,25	11,75	19,25
Limons fins 2 µ à 20 µ	3,50	2,50	2,50	3,50	15,50	15,50
Limons grossiers 20 µ à 50 µ	6,20	6,75	6,90	7,65	13,00	14,80
Sables fins 50 µ à 200 µ	62,60	51,75	62,70	57,10	46,30	39,00
Sables grossiers 200 µ à 2 mm	23,80	34,90	23,25	26,75	13,00	10,75
Total (sans matière organique ni Ca CO ₃)	99,67	99,76	99,77	99,75	100,56	100,56

Analyse : Centre ORSTOM de N'Djaména.

L'apparence limoneuse des zones à *Scytonema* ne traduit donc pas la réalité, mais une convergence d'aspect. (Voir fig. VI, Position des différents prélèvements sur le triangle des structures.)

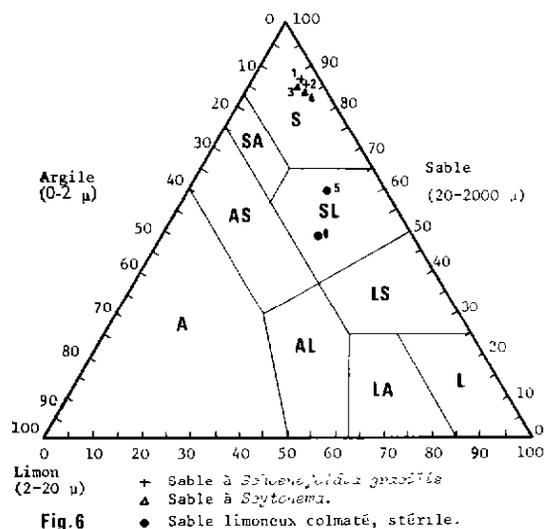


Fig. VI. — Position des différents prélèvements sur le triangle de structure.

De même, l'algue est toujours absente des substrats sableux plus grossiers, où les limons se trouvent en quantité extrêmement faible. C'est le cas des pâturages de type dunaire pour lesquels les stations de *Scytonema* sont toujours rares et localisées.

On peut donc considérer que la fourchette d'électivité de l'algue se situe dans les mêmes

limites que celles de *Schoenefeldia gracilis*, pour la région étudiée ce qui, sur le plan pastoral, constitue une menace certaine.

En effet, les pâturages de ce type forment un élément important du calendrier alimentaire des bovins, les pâturages à *Cenchrus biflorus* sur sols dunaires n'étant exploitables qu'après la chute des diaspores vulnérantes.

Dans cette perspective, il a été procédé à des tests destinés à connaître l'impact de l'algue sur la germination et le développement des graminées et à définir des remèdes éventuels à cette dégradation.

— Tests de germination de *Schoenefeldia gracilis* en absence et en présence de *Scytonema*

La première hypothèse formulée a été la possibilité d'une action phytochimique au niveau de la levée de dormance des graines par *Scytonema*. Il a donc été procédé à des essais de germination en boîtes de Petri, sur substrat sableux indemne d'une part, et sur substrat sableux préalablement contaminé par *Scytonema* d'autre part.

Les graines de *S. gracilis* ont été prélevées sur une station unique et ensuite triées afin de constituer 60 lots homogènes de 50 graines chacun.

Les germinations obtenues sur les 2 milieux ont été relevées après 6 j d'incubation et comptabilisées sur un histogramme des fréquences.

L'analyse de la répartition des lots assimilée à celle d'une courbe de Gauss a donné les résultats suivants :

TABLEAU N°II - Germinations

	Sable stérile (30 lots)	Sable contaminé (30 lots)
Moyenne des germinations pour 50 graines	18,833	17,666
Ecart type	2,106	2,695
Intervalle de confiance (95 p.100)	± 0,960	± 1,009

Le chevauchement des intervalles de confiance obtenus pour chaque courbe indique qu'il n'existe pas de différence significative entre les deux séries de germinations. L'hypothèse d'une inhibition de la germination par action phytochimique de l'algue est donc à rejeter.

Afin de mettre en évidence une action éventuelle au niveau du développement de la graminée, 4 lots cultivés sur boîte de Petri ont été conservés et observés sur une période de 2 mois.

Là encore il n'a pu être mis en évidence de différence significative entre les deux milieux de cultures.

— Tests de perméabilité

L'étude de la perméabilité des milieux à *Scytonema* a été réalisée à partir d'éprouvettes cylindriques de 5 cm d'épaisseur, à travers lesquelles le temps de passage d'une lame d'eau de 25 mm a été mesuré.

Trois milieux ont été testés :

- Placage à *Scytonema* sur sable.
- Sable à *Schoenefeldia gracilis*.
- Sable limoneux colmaté de « bas de pente ».

Pour chacun de ces milieux, il a été effectué 15 mesures, exprimées en secondes :

TABLEAU N°III - Moyennes des perméabilités mesurées

	Sable à <i>Scytonema</i>	Sable à <i>Schoenefeldia</i>	Sable limoneux colmaté
Moyenne	736 s	42 s	342 s
Ecart type	37 s	5 s	50 s
Intervalle de confiance	± 29 s	± 3 s	± 21 s

Le temps d'écoulement de l'eau à travers le sable recouvert de filaments de *Scytonema* est donc 17,5 fois plus long que celui du sable non contaminé.

Cette valeur est même supérieure à celle du sable limoneux colmaté pour lequel le rapport n'est que de 8,1.

Dans cette perspective, il apparaît donc que la présence de l'algue modifie considérablement le bilan hydrique de la station, limitant ainsi la biomasse herbacée potentielle. Des travaux menés par Gaston (2) ont en effet montré la relation existant entre la productivité des pâturages naturels et la valeur du bilan hydrique d'une station donnée.

Une expérimentation, réalisée au cours de la saison des pluies 1976 au laboratoire de Farcha (3), a consisté à briser à la houe, sur une épaisseur de 5 cm, l'horizon superficiel d'une zone à *Schoenefeldia gracilis* envahie par *Scytonema*.

Le développement de la végétation a été suivi et comparé à celui d'une parcelle témoin. Des mesures de biomasse ainsi que des relevés de profil racinaire ont été effectués.

— Parcelle témoin : 80 kg de matière sèche/ha ;

— Parcelle traitée : 290 kg de matière sèche/ha.

Ce résultat illustre le fait que l'algue agit essentiellement comme facteur d'imperméabilité, la majeure partie des eaux de pluie étant perdue par ruissellement.

La comparaison des systèmes racinaires confirme cette hypothèse ; 10 p. 100 de la longueur racinaire se situe à plus de 10 cm de la surface pour la parcelle traitée, contre 0 p. 100 pour la parcelle témoin.

— Richesse floristique et présence de *Scytonema*

Cette dernière série d'observations a consisté à établir une relation entre la richesse floristique

TABLEAU N° IV - Espèces présentes pour les 10 relevés.

	N° de relevé	Algue présente		Algue absente		N° de relevé	
		Arbres	Herbes	Arbres	Herbes		
I	(D.As.7) Mp	A, B, D, G, H, I,	c, d, f, g, p.	A, B, D, E F, H, I, K, L.	b, c, d, a, e, f, g, h, i, o.	(D.As.12) Op	VI
II	(D.As.5) Mb	A, B, G, I, K.	c, d, f, g, h, o.	A, B, L, F, I, J, L.	c, d, b, e, f, i, j, k, n, n, q, t.	(D.As.13) Ec	VII
III	(D.As.4) Mb	A, B, I, G, K, M.	c, d, g, h, l, y, x.	A, B, D, E F, G, H, K,	c, d, e, f, g, h, l, m, p, q, t, r.	(D.As.9) Op	VIII
IV	(D.As.6) Mp	A, B, D, G, I, K.	c, d, h, l, n.	A, B, H, C. E, F, I, L	c, d, a, b, e, f, j, k, m, n, o, p, q, s, t, v.	(D.As.15) Ec	IX
V	(D.As.1) Mb	A, B, G, I, K.	c, d, g, n, l, o, r, x w	A, B, F, G J, K	e, d, g, h, l, j, o, r, t, u, v, w.	(D.As.10) LS2	X

des différents relevés d'une part et la présence ou l'absence de *Scytonema* d'autre part.

Il est apparu en effet, au cours des prospections effectuées dans la région du projet, que la présence de *Scytonema* paraissait liée à une certaine pauvreté du cortège floristique.

Afin de vérifier cette hypothèse, il a été procédé à une série de relevés, réalisés sur les parcours sableux pour lesquels la présence ou l'absence de l'algue ont été notées + et —.

Afin d'étudier des ensembles végétaux susceptibles d'être comparés, il a été admis que chacun des relevés devrait comporter dans sa liste floristique au minimum les espèces suivantes :

- arbres { *Acacia senegal*
Balanites aegyptiaca
herbes { *Aristida mutabilis*
Schoenefeldia gracilis

et ce, pour une surface n'excédant pas 1 ha.

Ensuite les espèces *herbacées* (les plus sensibles à une évolution de la structure du sol)

ont été totalisées pour chaque station. Les relevés ont alors été classés en 2 catégories algue +, algue — et fait l'objet d'un test statistique.

Remarque : il n'a pas été tenu compte des espèces sciaphiles présentes dans les périmètres étudiés.

— Répartition des différents relevés en fonction de la richesse floristique en espèces herbacées

TABLEAU V. — Nombre d'espèces herbacées par relevé

Algue présente		Algue absente	
I	5	VI	10
II	6	VII	12
III	7	VIII	13
IV	5	IX	17
V	9	X	12

- algue absente du relevé.
● algue présente dans le relevé.

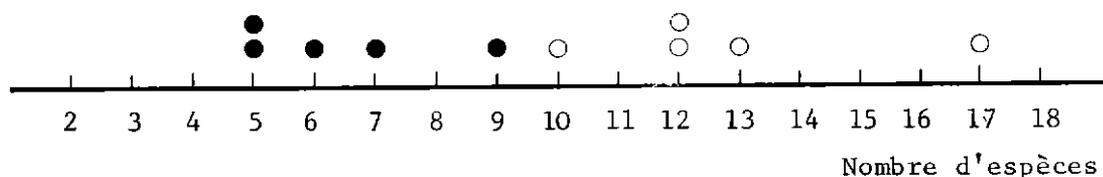


Fig. 7

Liste des espèces relevées :

Arbres :

<i>Acacia senegal</i>	A
<i>Balanites aegyptiaca</i>	B
<i>Dalbergia melanoxylon</i>	C
<i>Sclerocarya birrea</i>	D
<i>Combretum glutinosum</i>	E
<i>Commiphora africana</i>	F
<i>Piliostigma reticulata</i>	G
<i>Bauhinia rufescens</i>	H
<i>Ziziphus mauritiana</i>	I
<i>Feretia apodanthera</i>	J
<i>Boscia senegalensis</i>	K
<i>Guiera senegalensis</i>	L
<i>Capparis decidua</i>	M

Herbes :

<i>Aristida stipoides</i>	a
<i>Aristida funiculata</i>	b
<i>Aristida mutabilis</i>	c
<i>Schoenefeldia gracilis</i>	d
<i>Cenchrus biflorus</i>	e
<i>Eragrostis tremula</i>	f
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	g
<i>Chloris pilosa</i>	h
<i>Brachiaria xantholeuca</i>	i
<i>Schizachirium exile</i>	j
<i>Aristida adscensionis</i>	k
<i>Setaria pallida-fusca</i>	l
<i>Hyperthelia dissoluta</i>	m
<i>Cenchrus prieuri</i>	n
<i>Polycarpaea corymbosa</i>	o
<i>Blepharis linearifolia</i>	p
<i>Indigofera astragalina</i>	q
<i>Zornia glochidiata</i>	r
<i>Asparagus africanus</i>	s
<i>Tephrosia sp</i>	t
<i>Chrozophora brocchiana</i>	u
<i>Hibiscus sabdarifa</i>	v
<i>Mollugo nudicaulis</i>	w
<i>Boerhavia repens</i>	y
<i>Calotropis procera</i> (*)	x

Les moyennes obtenues pour les 2 séries sont $m_1 = 6$ (algue +) et $m_2 = 13$ (algue —).

La comparaison des 2 moyennes a donné les valeurs suivantes :

$$\sigma_2 = \frac{\Sigma(x - m_1)^2 + \Sigma(x - m_2)^2}{n_1 + n_2 - 2} = 5,25$$

Variance standard de la différence

$$S_d^2 = \sigma^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) = 2,1$$

$$S_d = 1,449$$

$$t = \frac{(m_1 - m_2)}{S_d} = 4,83$$

$$\gamma^4 = (n_1 + n_2 - 2) = 8.$$

La table de t donne pour $\gamma = 8$, $t = 2,31$.

Or :

$$4,83 \gg 2,31$$

On peut donc considérer que les 2 séries de relevés sont significativement différentes, et qu'il existe une relation entre la richesse floristique et la présence de *Scytonema*.

Toutefois, le faible nombre d'échantillons, lié à la difficulté de trouver des stations répondant aux critères donnés et qui soient suffisamment éloignées les unes des autres, limite la valeur de cette étude. Par ailleurs, les relevés, effectués en début de saison sèche (décembre 1976), sont probablement incomplets, certaines espèces desséchées ayant pu passer inaperçues ; il conviendrait donc de renouveler cette série de relevés en fin de saison des pluies, en multipliant les stations étudiées sur l'ensemble de la région du projet.

On peut cependant tirer un certain nombre de conclusions d'ordre écologique de ces valeurs, en particulier en ce qui concerne la signification évolutive des groupements végétaux à *Scytonema*.

L'hypothèse peut être émise que les groupements à *Scytonema* constituent des faciès de dégradation encore peu nettement différenciés, pour lesquels les premiers signes de régression se manifestent par une diminution du cortège floristique (les espèces psammophiles étant les premières à disparaître).

Il est donc possible de considérer la présence de l'algue sur le pâturage comme le premier signal d'alarme d'une dégradation et d'une surcharge du pâturage.

(*) La présence de *Calotropis procera* sur un relevé (III), espèce colonisatrice d'espaces dégradés, fausse en fait la démarche entreprise en majorant la richesse floristique de la station.

CONCLUSIONS

L'étude des colonies de *Scytonema* a permis de dégager un certain nombre de conclusions relatives à l'impact qu'elles pouvaient avoir sur le pâturage. Il est apparu que la conséquence directe de la présence de l'algue était une imperméabilisation intense de l'horizon sableux superficiel. On peut considérer que les mécanismes d'évolution du couvert herbacé observés découlent de cette propriété. La modification profonde du bilan hydrique a pour effet de limiter la productivité potentielle du pâturage ; elle participe, en réduisant la protection naturelle des sols au niveau des pailles, à l'intensification des phénomènes d'érosion. La réduction du cortège floristique apparaît comme une conséquence de ces dégradations et contribue à appauvrir le potentiel de régénération des sols.

Le problème se pose de connaître les mécanismes d'implantation de *Scytonema* sur un pâturage. L'analyse granulométrique a montré que le terrain d'élection de l'algue correspondait étroitement à celui de *Schoenefeldia gracilis*, c'est-à-dire à un sol caractérisé par un horizon superficiel à « sables fins légèrement limoneux ».

L'enrichissement en éléments fins des sols sableux peut trouver une explication dans le surpâturage : à la faveur d'un piétinement intensif, et à la suite d'une disparition du couvert graminéen au moment des pluies, l'horizon superficiel subit une dégradation de la structure qui se traduit par une diminution des éléments grossiers au profit d'éléments fins.

Ce phénomène permettrait à *Scytonema* de s'implanter en début du processus, la présence de l'algue accélérant ensuite les mécanismes de dégradation, par diminution du couvert herbacé et érosion ravinante ou en plaque.

Les mesures réalisées au laboratoire demeurent toutefois insuffisantes et il conviendrait de confirmer ou d'infirmer les différentes hypothèses formulées, par une expérimentation sur le terrain.

Dans ce but, un programme de recherche a été défini entre le laboratoire de Farcha et le Laboratoire de Biologie Végétale de la Faculté des Sciences de N'Djamena, destiné à analyser les mécanismes d'installation de *Scytonema* et ses conséquences sur le plan pastoral.

SUMMARY

Degradation of grasslands in N'Djamena area (Chad) in relation to psammophilous Cyanophyceae. Preliminary study

In N'Djamena area, colonies of psammophilous Cyanophyceae (*Scytonema* sp.) were reported in many grasslands. This presence seems to be related to a reduced herbaceous biomass due to an impermeabilizing uppermost layer. On this assumption, it would result in accelerated erosion processes by promoting run-off and reducing the soil protection by straws. On the other hand it appears that the alga presence is associated with some reduction of the species number ; this phenomenon would mark the beginning of grassland degradation on sand and could be considered as an index.

RESUMEN

La degradación de los pastos de la región de N'Djamena (República de Chad) en relación con la presencia de cianofíceas arenícolas. Estudio preliminar

En la región de N'Djamena se encuentran cianofíceas arenícolas (*Scytonema* sp.) en numerosos pastos. Esta presencia parece ligada con una disminución de la biomasa herbácea por impermeabilización del horizonte superficial.

En esta hipótesis, sería causa de una aceleración de los procesos de erosión, facilitando la escorrentía y por otra parte disminuyendo la protección de los suelos realizada por las pajas. Parece que la presencia de la alga está ligada con un cierto empobrecimiento de la flora ; este fenómeno indicaría el principio de la degradación de los pastos sobre arena y constituiría una indicación.

BIBLIOGRAPHIE

1. GASTON (A.). Projet Assalé Serbewel. Etude agrostologique des pâturages. I. E. M. V. T.-C. B. L. T., N'Djaména, 1974.
2. GASTON (A.), LAMARQUE (G.). Recherches sur la lutte contre les oiseaux granivores *Quelea-Quelea*. N'Djaména, Tchad. Bilan de 4 années de travaux phyto-écologiques en relation avec la lutte contre *Quelea-Quelea*. Rapport final phases I et II. Maisons-Alfort, N'Djaména, I. E. M. V. T., 1976, 203 p.
3. GASTON (A.), DULIEU (D.). Projet Assalé-Serbewel — Seconde étude agrostologique des pâturages. Evolution de la végétation. I. E. M. V. T.-C. B. L. T., N'Djaména, 1976.

Essais de régénération mécanique de quelques parcours sahéliens dégradés

par B. TOUTAIN (*)

RÉSUMÉ

Une dégradation importante de la végétation sahélienne, surtout depuis la sécheresse, se manifeste dans certaines régions du Nord de la Haute-Volta, très chargées en bétail, entraînant la diminution des potentialités pastorales et menaçant le milieu lui-même. Les principales formes de cette dégradation ont été analysées. La régénération de terrains dénudés a été essayée dans différentes conditions, soit par des travaux superficiels du sol, soit par un sous-solage, de façon à améliorer le bilan hydrique et permettre la réinstallation d'un couvert végétal.

INTRODUCTION

Le voyageur traversant la région sahélienne de Haute-Volta ne peut manquer de remarquer qu'en certains endroits, les arbres sont en train de mourir en grandes quantités et que l'herbe a pratiquement disparu sur de larges surfaces, laissant le sol nu exposé à l'érosion. La dégradation de la végétation et du milieu est assez récente et s'est beaucoup accentuée avec la sécheresse. Le phénomène est inquiétant à plus d'un titre lorsque l'on connaît la rigueur et les irrégularités habituelles du climat et que l'on sait que l'élevage tirant essentiellement parti de la végétation naturelle représente la principale ressource de cette région, en assurant notamment une grande partie de l'alimentation de ses habitants. Le potentiel fourrager que représente cette végétation disparue est considérable et la charge du bétail se trouve reportée sur la végétation pâturable restante. La question se pose donc de savoir comment freiner rapidement la progression de la dégradation et comment aider la nature à reconstituer la végétation. L'analyse des mécanismes de la

dégradation a permis dans une certaine mesure, de remonter aux causes. Divers essais de restauration par des moyens mécaniques ouvrent, malgré des résultats encore modestes, quelques perspectives d'intervention.

LE MILIEU

La partie sahélienne de la Haute-Volta reçoit annuellement 350 mm de pluie à l'extrême Nord et 550 mm à Dori, répartis sur 3 mois, de mi-juin à mi-septembre. La végétation est sahélienne et sud-sahélienne. Ce sont les groupements végétaux xérophiles des hauts de versants et des pentes qui montrent le plus de fragilité à la dégradation :

— les ensablements dunaires sont couverts par une steppe herbeuse ou arbustive à tapis herbacé continu avec les graminées annuelles *Schoenefeldia gracilis*, *Aristida mutabilis*, *Cenchrus biflorus* et les espèces arbustives *Combretum glutinosum* ou *Guiera senegalensis* ;

— les glacis sableux ou limono-sableux sont recouverts d'une steppe arbustive très ouverte avec un tapis graminéen discontinu à base de *Schoenefeldia gracilis* et des arbustes comme *Acacia laeta*, *A. tortilis* ou *Balanites aegyptiaca* ;

(*) I. E. M. V. T., Service d'Agropastoralisme, 10, rue Pierre-Curie, 94700 Maisons-Alfort.

— les forêts basses sur sols squelettiques à *Pterocarpus lucens* sont riches en espèces ligneuses. Le tapis herbacé est discontinu et se compose principalement des graminées *Schoenefeldia gracilis* et *Aristida adscensionis*.

LES FORMES DE DÉGRADATION

Dans l'ensemble, la dégradation du milieu végétal suit partout les mêmes étapes. Elle se manifeste d'abord par une évolution de la flore herbacée et l'on note généralement le remplacement de certaines graminées par des espèces herbacées à cycle court ou réputées envahissantes. A un stade plus avancé, il y a disparition progressive du tapis herbacé avec dénudation du sol par plages, apparition ou augmentation importante du ruissellement, érosion avec déflation, transport des particules de sol et dépôt dans les parties basses. Finalement, on observe la mort des ligneux. Ce schéma ne constitue pas forcément une disparition mais plutôt une étape dans un processus de remplacement du type actuel de végétation par un autre, mieux adapté à de nouvelles conditions et la colonisation spontanée de sols dénudés a été parfois observée (1).

Dans le détail, les manifestations de la dégradation diffèrent selon les sols et les milieux.

— Les pentes et les pénélaines sableuses, qu'elles soient d'origine détritique ou éolienne (dunes fixées) évoluent à peu près de la même façon. Un pâturage intense entraîne une modification de la composition floristique du tapis herbacé, avec la prolifération de certaines espèces appréciées comme *Cenchrus biflorus* ou *Zornia glochidiata*, qui présentent une certaine résistance à l'effet de pâture, ou inappréciées comme *Heliotropium strigosum*. Parallèlement, on remarque presque toujours une diminution du couvert herbacé.

La mise en culture du sol et les sarclages entraînent une dénudation du sol qui l'expose à l'érosion éolienne en saison sèche. Le vent reprend les sables mal fixés et dessine des vaguelettes caractéristiques (ripple marks). L'extension du phénomène conduit à une remobilisation irréversible et la formation de dunes vives à l'aspect saharien (exemple d'Oursi). L'effet érosif des premières grosses pluies est considérable et les pentes mal fixées par une végétation discontinue ou exploitée à l'excès sont sujettes à une déflation en taches, formant des plages

déprimées, en « coups de cuiller », caractéristiques.

— Les glacis recouverts d'un manteau sableux et les glacis sableux sont fragiles à l'érosion. Un couvert végétal insuffisant ne peut s'opposer au ruissellement qui emporte l'horizon superficiel meuble et fertile jusqu'à l'horizon sous-jacent plus compact. Celui-ci finalement se trouve seulement recouvert par de petits bancs sableux en « microdunes », seuls points de fixation de la végétation herbacée.

— Les glacis limono-sableux réagissent d'abord au surpâturage par une diminution de la densité du tapis herbacé et l'extension des plages de sol nu aux endroits les plus érodables. Les eaux de pluie sont moins bien absorbées par le sol et le ruissellement, moins freiné par la végétation, érode les horizons superficiels en haut de pente, ce qui appauvrit le sol et dépose les éléments fins en bas de pente où les dessiccations successives forment un enduit superficiel qui colmate le sol et le rend physiologiquement sec.

Le tapis herbacé devient peu productif ou disparaît totalement. Les arbustes, mal alimentés en eau, réduisent leur couronne ou meurent. Le phénomène est particulièrement spectaculaire dans les « bush » installés sur sols squelettiques en raison du nombre d'arbres morts que l'on trouve actuellement.

— Les bas-fonds sont le plus souvent en très bon état puisque les eaux non infiltrées sur les versants s'y trouvent collectées et qu'elles reçoivent en plus les éléments chimiques lessivés. Une exploitation pastorale excessive entraîne cependant une dénudation et un colmatage du sol par plaques et la végétation ligneuse elle-même peut disparaître.

En somme, on constate une relation étroite et une interdépendance entre les modifications qui apparaissent au niveau du sol et l'évolution de la végétation. La disparition des horizons superficiels meubles faisant apparaître les horizons inférieurs plus compacts, la formation de croûtes superficielles peu perméables, l'alimentation rapide des eaux de pluie par ruissellement, tout cela s'oppose à une pénétration normale des eaux de pluie dans le sol. Certains glacis ne s'humidifient que sur 3 ou 4 cm après une forte pluie et s'assèchent donc très vite. Les réserves en eau à la surface sont très insuffisantes pour fournir aux jeunes plantules l'humidité nécessaire à la survie. Les réserves plus profondes se

reconstituent très mal et les arbres, insuffisamment alimentés, disparaissent.

L'effet régulateur de l'alimentation hydrique du sol diminue avec l'érosion qui suit la disparition du couvert herbacé et n'est plus suffisante pour compenser les irrégularités des précipitations sahéniennes. De la sorte, le bilan hydrique des sols dégradés ressemble à celui des sols situés dans des conditions climatiques plus sévères et plus sèches et la végétation qui reste a des caractères sahéniens prononcés.

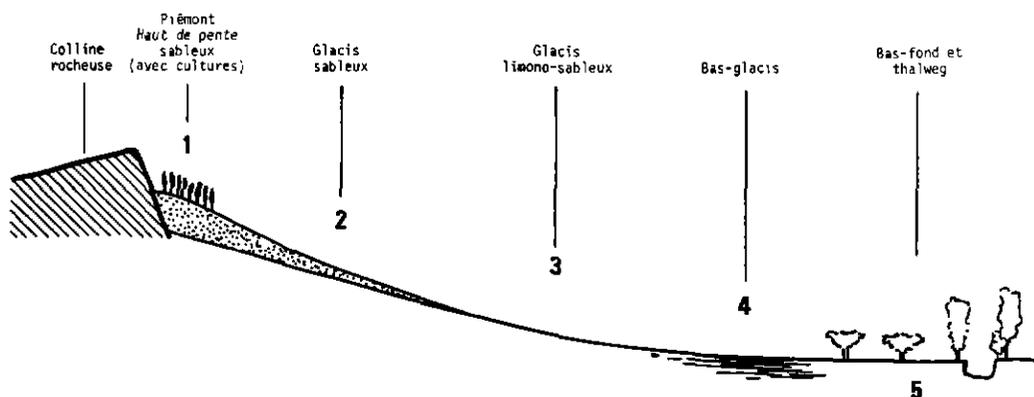
Quel que soit le type de milieu, la dégradation comprend une diminution de l'infiltration des eaux de pluie, donc la péjoration du bilan hydrique du sol et s'accompagne d'un ruissellement érosif accru. Le schéma de la figure 1 montre l'enchaînement des phénomènes sur l'ensemble d'un versant. On remarque l'intérêt de protéger en premier lieu le haut de pente, point de départ du ruissellement. On comprend aussi que la dégradation est plus forte en bas de pente et c'est là en effet que les phénomènes sont souvent les mieux développés.

LES CAUSES

Il n'est pas toujours facile de remonter jusqu'aux causes de la dégradation car elles sont

multiples et généralement intriquées. Il est certain que l'augmentation de la charge en bétail depuis plusieurs décennies, à la suite de l'augmentation régulière de la population et des progrès en matière de santé animale, est une cause très importante de la dégradation de la végétation. La preuve en est l'état actuel de l'environnement à proximité de certains points d'eau permanents ou de certains centres où la surcharge animale est manifeste. Les agriculteurs passés et présents ont aussi leur part de responsabilité en raison de la fragilité à l'érosion de certains périmètres mis à nu par les défrichements et les sarclages et il est clair que la protection du milieu passe par des interdictions de mise en culture ou par la constitution de systèmes anti-érosifs efficaces parallèles à la mise en culture. Une autre cause de dégradation n'est pas maitrisable : c'est la sécheresse. Depuis 1971, certaines espèces graminéennes sud-sahéliennes ont disparu de la région de l'Oudalan ou sont devenues rares. Ce sont par exemple, *Ctenium elegans*, *Elionurus elegans*, *Cymbopogon giganteus*. Certains ligneux ont été sérieusement éprouvés : *Pterocarpus lucens*, *Grewia* spp., *Commiphora africana*. Les phénomènes d'érosion qui se manifestent depuis plusieurs années déjà ont amplifié les effets de la sécheresse sur les végétaux.

SCHEMA D'UN TRANSECT EN COURS DE DEGRADATION



1. — *Haut de pente*
 - Mise en culture et dénudation du sol
 - Départ du ruissellement
 - Plages de *déflation*, érosion en « coups de cuiller », apparition de ravines importantes.
2. — *Glacis sableux*
 - Mises en culture ou surpâturage
 - Dénudation du sol et alimentation du ruissellement
 - Elimination partielle de l'horizon superficiel sableux et formation de « *microdunes* ».
3. — *Glacis limono-sableux*
 - *Ruissellement* intense et forte érosion superficielle
 - Pénétration insuffisante de l'eau dans le sol
 - Tapis herbacé éclairci, mort des ligneux.
4. — *Bas-glacis*
 - Dépôt des particules de sol, *colmatage*
 - Disparition du tapis herbacé, mort des ligneux.
5. — *Bas-fond et thalweg*
 - Abondamment alimentés en eau
 - Végétation en bon état.

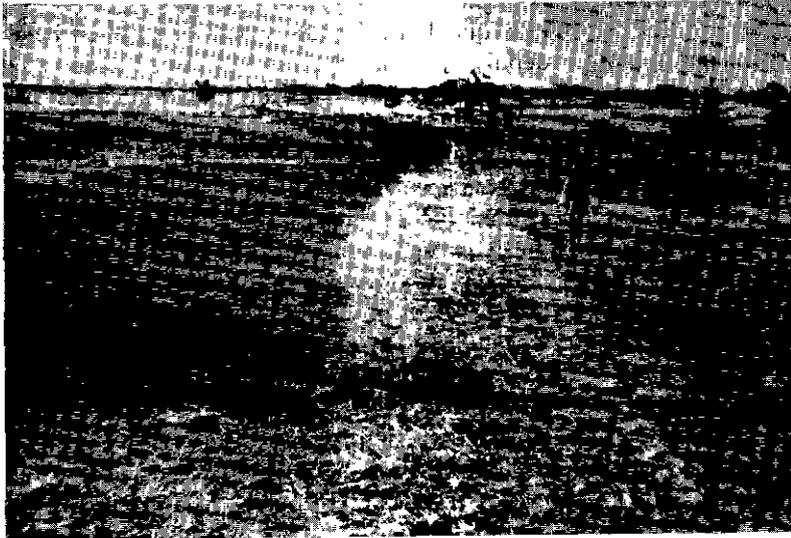


Photo 1. — Un travail superficiel très léger avec un rouleau cultipacker en début de saison des pluies a permis l'installation de graminées (Markoye, Haute-Volta).



Photo 2. — Passages croisés d'une sous-soleuse sur un bas-glacis dégradé (Gorom-Gorom, Haute-Volta).



Photo 3. — Une charge animale correcte et la protection de toute mise en culture ont protégé le pâturage sur une fixée (C. E. F. O. de Markoye, Haute-Volta).

Photo 4. — En bas de pente, les éléments fins transportés par les eaux de ruissellement se déposent et forment une croûte imperméable et stérile. Les arbustes meurent.

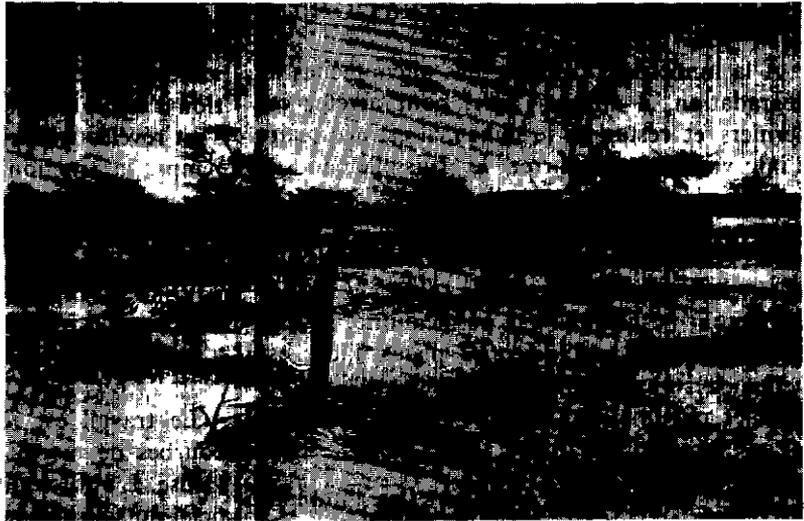


Photo 5. — Réapparition de l'herbe autour du sillon, après le passage d'une charrue à disque sur un glaciais sableux très érodé (Markoye, Haute-Volta). La pente, assez faible, va de droite à gauche.

Photo 6. — Réinstallation du tapis herbacé sur les bandes travaillées sans semis avec un cultipacker. Pente de dune érodée (Markoye, Haute-Volta).



LES ESSAIS DE RÉGÉNÉRATION

A la lumière de l'analyse des phénomènes de dégradation, il apparaît que, pour arrêter ces derniers et restaurer le milieu, il est nécessaire d'intervenir pour barrer le ruissellement et favoriser la pénétration de l'eau dans le sol pour qu'une végétation herbacée et ligneuse réapparaisse. Si cette végétation persiste plusieurs années, on peut espérer que le sol se régénérera à son tour et gagnera en perméabilité. A voir l'herbe envahir les anciennes pistes, l'idée est venue de stimuler un nouveau départ du tapis herbacé par une simple action mécanique sur les premiers centimètres du sol.

L'effet recherché est de permettre l'implantation des graminées annuelles en brisant la croûte superficielle du sol au moment des premières pluies. Dans un grand nombre de situations, il n'est pas utile de réensemencer le sol car les diaspores, en zone sahélienne, sont très abondantes partout et l'essentiel est de créer des conditions favorables à leur germination. Dans ces essais, l'intervention mécanique devrait mettre le sol en état de :

— fixer les semences de graminées en créant des aspérités à la surface du sol et en ameublissant la terre. On observe en effet que les graines les plus fines sont déplacées par le vent et les eaux de ruissellement lorsque le sol est lisse, et qu'elles s'accumulent sur les obstacles, tels que banc de sable, touffe d'herbe, bois mort ou pierraille ;

— permettre la germination et la survie des jeunes semis. La nécessité des levées est menacée par la sécheresse entre deux pluies. C'est le sol qui doit alors maintenir les conditions d'humidité suffisantes. Dans le cas des sols croûtés en surface, on observe que l'eau pénètre très peu profondément après la pluie et, par conséquent, la quantité d'eau stockée dans le sol est très rapidement évaporée. Lorsque la croûte superficielle a été détruite, le front d'humectation du sol est 2, 3, voire 4 fois plus profond. Dans ces conditions, le sol peut rester humide pendant plus longtemps ;

— assurer une croissance normale aux végétaux. Au Sahel, la fertilité du sol est étroitement liée à la capacité de rétention en eau et au bilan hydrique. Un sol donné, avec la texture qui la caractérise, sera d'autant plus fertile que sa structure sera favorable à la constitution des réserves en eau.

Les essais de travail du sol ont été entrepris dans des milieux variés et avec des moyens variés, dans le Sahel de Haute-Volta. L'utilisation d'outils traditionnels et de l'énergie humaine s'est révélée très lente et pénible. La plupart du temps, la traction attelée ou le véhicule tout terrain ne sont pas assez puissants. Il est donc préférable de travailler avec un tracteur.

Voici les principaux essais et leurs résultats :

1. Passage d'un rouleau type *cultipacker* sur les pentes sableuses dégradées.

Le travail est réalisé approximativement en courbes de niveau au début de la saison pluvieuse. L'outil réalise un ameublissement superficiel du sol sableux, mais sans l'émietter, et un léger tassement. Le résultat est une amélioration de la réaction du sol à la pluie et aux intervalles secs, une meilleure alimentation hydrique par capillarité. Sur les plages de sol très compactes ou indurées, l'outil reste sans effet. Le résultat a été une réinstallation importante et pérenne du tapis graminéen à base de *Cenchrus biflorus* (cf. cliché n° 6). Sur les espaces non travaillés, le sol est mal couvert par des plantes annuelles non graminéennes comme *Zornia glochidiata* ou *Blepharis linariifolia*. Cette végétation représente 350 kg par hectare de matières sèches. Sur les bandes, le tapis graminéen est dense et continu et représente 1 500 kg de matières sèches.

2. Passage d'une charrue à disques sur un glaciaire sableux très dégradé.

Malgré la faible pente de ce glaciaire, les pluies ont emporté l'horizon superficiel du sol et il ne reste qu'une surface compactée et lissée. De larges sillons espacés de 10 à 20 m ont été faits avec une charrue à disques, perpendiculairement au sens du ruissellement. La pénétration n'était pas très grande en raison de la compacité du sol.

A l'endroit du passage de l'engin, un tapis herbacé irrégulier mais souvent dense, à base de *Cenchrus biflorus* et de *Tragus* spp., s'est installé (cf. cliché n° 5). Les eaux de ruissellement ont été en partie retenues par les sillons. On a noté une meilleure alimentation hydrique des plantes et la durée de végétation s'est prolongée en début de saison sèche. Les herbes restaient vertes sur les sillons quand toutes les graminées d'alentour étaient déjà fanées. De meilleurs résultats auraient été acquis si le réseau de sillons avait été plus serré et avait été doublé de véritables

banquettes en haut de pente pour réduire les quantités d'eau de ruissellement. On peut prévoir de poursuivre un tel travail progressivement plusieurs années consécutives, en travaillant les interbandes de la même façon. Il serait dangereux de faire un labour trop serré en une seule fois en raison des risques d'érosion.

3. Passage de herse ou de cultipacker sur des glacis limono-sableux colluvionnés.

Toute intervention superficielle qui brise la croûte superficielle permet une infiltration locale d'un peu d'eau, y provoque la germination et la survie des plantes. La herse doit être rigide, posséder peu de pointes et être chargée pour que les raies soient suffisamment profondes. Le cultipacker, sorte de rouleau constitué de lourds disques juxtaposés, à bords en triangle, brise, grâce à son poids et à son profil, la croûte superficielle du sol sur une série de lignes parallèles rapprochées. Sur certains glacis trop limoneux, les rayures ne sont pas suffisantes et disparaissent à la première pluie. Mais les résultats ont été le plus souvent extrêmement nets et là où le sol était primitivement pratiquement nu, un tapis de la graminée, *Schoenefeldia gracilis* s'installe au niveau des rayures. On observe aussi, juste sur les lignes, la germination de certaines espèces ligneuses. La production de fourrage sur les bandes travaillées n'est pas très élevée mais peut atteindre 200 à 400 kg de matière sèche par hectare. Cette installation ne paraît pas très persistante et la restauration de ce genre de pâturage sera entreprise sur plusieurs années en répétant chaque fois le travail en interbande. La protection, en particulier vis-à-vis de chèvres, est nécessaire si l'on veut permettre la régénération des ligneux.

4. Sous-solage des glacis limono-sableux érodés

Divers glacis très érodés et dégradés, pratiquement dénués de végétation ont été sous-solés, tantôt en lignes croisées espacées de 5 à 10 m, tantôt en lignes parallèles perpendiculaires à la pente et espacées de 10 à 20 m. En haut de pente, où le sol est très érodé l'effet d'amélioration n'est pas sensible. Sur les bas de pente colluvionnés, les raies de passage de la sous-soleuse sont couvertes d'herbe sur une largeur de 50 cm. Le sol habituellement physiologiquement sec, est humide sur 20 cm de chaque côté de la raie jusqu'à la profondeur de travail. Le volume de terre ainsi humidifié est donc faible. Le résultat

le plus intéressant est la levée sur la ligne de très nombreux jeunes arbustes (*Acacia*, *Balanites*, *Ziziphus*). Ce genre de travail suivi d'une protection, surtout vis-à-vis des chèvres, pendant deux ans au minimum est à envisager pour une régénération de la strate ligneuse.

5. Travail superficiel des colluvions de bas de pente

Le labour superficiel des zones colmatées en bas de pente par les dépôts d'éléments fins a été essayé. La surface travaillée s'est irrégulièrement couverte d'herbe et le gain de fourrage représente 300 à 400 kg de matière sèche par hectare. Contre la parcelle, une zone de rétention des eaux de ruissellement s'est créée, large de quelques mètres. Le tapis de *Schoenefeldia gracilis* représente 2 000 kg de matières sèches par hectare. La zone témoin est restée pratiquement nue. Un réseau serré de sous-solage dans ce type de sol a donné des résultats approchants et la moitié de la surface du sol s'est couverte de graminées.

Il ne paraît donc pas nécessaire que les sillons soient jointifs. Il semble suffisant, sur ces colluvions, de réaliser seulement des bandes travaillées de plusieurs mètres de large, perpendiculaires à l'axe de ruissellement.

6. Essais de semis simultané de plantes fourragères

Des espèces fourragères ont été semées au moment du travail du sol, principalement *Stylosanthes humilis* et *Cenchrus ciliaris*. Les résultats sont décevants et les espèces spontanées apparaissent toujours les plus vigoureuses. Les graines des espèces spontanées, herbacées ou ligneuses, adaptées aux sols que l'on travaille, semblent présentes le plus souvent en nombre suffisant. Si l'effet du travail est durable, le ressemis s'opère automatiquement.

CONCLUSION

Un travail léger du sol peut être pratiqué pour restaurer les parcours sahétiens très dégradés. Il permet habituellement la formation d'un tapis graminéen à l'emplacement du passage des outils avec un supplément de production localisé de 20 à plus de 100 g de fourrage sec au mètre carré, selon les types de sol et d'intervention.

Une opération de régénération d'une zone pourrait se réaliser de la façon suivante :

— d'abord atténuer ou éliminer les principales causes de dégradation. Pour beaucoup de pâturages, il s'agit de protéger du surpâturage ou du pâturage trop précoce et si l'on désire une régénération ligneuse, il faut faire une mise en défens pendant 2 à 3 ans, notamment vis-à-vis des chèvres ;

— travailler le sol avec une méthode appropriée en bandes approximativement perpendiculaires à la pente. Ces bandes ne seront pas trop rapprochées de façon à ne pas créer des dépôts d'érosion et elles bénéficieront de l'apport de semences des pentes intermédiaires, suffisant pour former un tapis assez dense ;

— le travail sera poursuivi en interbandes pendant plusieurs années, de façon à augmenter peu à peu la surface travaillée.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier M. A. CIRE BA, Chef du Service de la Recherche Animale à la Direction de l'Élevage de Ouagadougou et M. A. LE MASSON, du C. I. D. R. à Gorom-Gorom, pour leur collaboration et les féliciter pour leurs initiatives à propos des essais de travail du sol.

SUMMARY

Trials on the mechanical improvement of some sahelian deteriorated rangelands

Overstocking and the recent drought have led to a severe deterioration of some Sahelian rangelands of Upper-Volta, leading to a more or less acute disappearance of grazable vegetation. Partial protection improves pastures located on the more fertile soils. On the poorer soils light techniques such as harrowing and superficial tillage of the soil were tried with success, but yield improvement remained slight.

RESUMEN

Ensayos de regeneración mecánica de algunos pasturajes sahelianos degradados

Se ocurre en ciertas regiones del norte de Alto-Volta, muy pobladas por el ganado, una degradación importante de la vegetación saheliana, sobretodo desde la sequedad, teniendo por consecuencia la disminución de las potencialidades pastorales y amenazando el mismo medio.

Se analizaron las principales formas de dicha degradación. Se ensayó regenerar los terrenos desnudados en diferentes condiciones sea por trabajos superficiales del suelo, sea por la acción de un arado de subsuelo, para mejorar el balance hídrico y permitir la réinstalación de la cubierta vegetal.

BIBLIOGRAPHIE

1. BOUDET (G.). Mali, Regional study and proposal for development. Ecol. Bull., Stockholm, 1976, 24 : 137-53.
2. BOUDET (G.). Les pâturages sahéliens, les dangers de dégradation et les possibilités de régénération ; principes de gestion améliorée des parcours sahéliens. Rome, F. A. O./I. E. M. V. T., 1976. 104 p.
3. TOUTAIN (B.). Notice de la carte des ressources fourragères au 1/50 000^e. Action complémentaire concertée D. G. R. S. T./O. R. S. T. O. M./G. E. R.-D. A. T./I. E. M. V. T., 1976. 61 p., 1 carte.

Evolution des pâturages

Etude de la biologie de deux graminées *Imperata cylindrica* (Linn.)
et *Aristida rufescens* (Stend)

par P. GRANIER, Y. CABANIS, F. ELLENBERGER, R. RAZAFINDRATSITA

RÉSUMÉ

L'étude de la biologie d'*Imperata cylindrica* et *Aristida rufescens* permet de mettre en évidence l'importance de l'appareil souterrain et l'influence du facteur édaphique sur le développement de ces graminées.

Ces espèces seraient secondaires en savane mais dans des conditions de sous-exploitation (écimage des chaumes et suppression des feux), elles peuvent devenir dominantes alors qu'on a pu penser qu'elles étaient favorisées par le surpâturage.

Le contrôle de leur expansion est important à considérer parce que leur productivité est faible, leur appétibilité temporaire et surtout parce qu'elles modifient la vocation des zones, qu'elles occupent.

INTRODUCTION

Dans le cadre de l'étude des facteurs écologiques modifiant l'équilibre de la strate graminéenne en savane, nous avons été amenés à préciser certaines caractéristiques biologiques des principales espèces afin de mieux situer le niveau de la compétition. L'évolution du recouvrement et de la contribution spécifique a été suivie sur des carrés témoins implantés dans des pâturages soumis à des traitements différents et représentatifs des divers modes d'exploitation. Les buts recherchés sont d'une part la connaissance fondamentale du mécanisme de la compétition et d'autre part la mise au point d'un mode d'exploitation de la savane qui permette le maintien en équilibre des associations végétales tout en accroissant la productivité de l'herbe donc la charge à l'hectare.

On peut très sommairement considérer qu'il y a une compétition pour l'occupation de l'espace entre les hémicryptophytes et les géophytes ou les ligneux. Dans les premières se situent principalement des Andropogonées qui sont les espèces fourragères dominantes et dans

les deuxièmes on rencontre des plantes, soit des graminées (*Imperata*, *Aristida*), soit des arbustes, qui ont tendance à se substituer aux espèces fourragères dès qu'un « accident » dans l'exploitation vient modifier les conditions de la germination, du tallage ou de la fructification.

Lorsqu'un changement du milieu amène aussi une modification de la couverture végétale et que les espèces savanicoles banales sont remplacées par d'autres mieux adaptées aux nouvelles conditions comme *Aristida rufescens* ou *Imperata cylindrica*, le sens de l'évolution est négatif pour l'élevage. Les touffes de ces espèces ne sont pas consommées par le bétail ou seulement à l'état jeune.

Le problème primordial pour l'expansion de l'élevage est de savoir dans quelles conditions s'effectuent ces changements de faciès et quelle est la vitesse de l'évolution. Les études antérieures faites par d'éminents botanistes (1) faisaient le rapport entre la valeur du sol et la couverture végétale sans préciser le rôle et la part de chaque facteur écologique, en particulier l'influence du bétail, aucune étude sur la biologie de ces espèces et de la dynamique du phénomène n'ayant été entreprise.

Etant donné l'importance des surfaces désormais occupées par *Aristida et Imperata*, il nous a paru nécessaire de connaître les raisons intrinsèques de cette expansion et les causes favorisantes. Nous avons donc envisagé dans cette étude, 2 aspects :

a) un aspect fondamental :

— l'étude de la biologie, orientée essentiellement sur les modes de propagation. Ces travaux nous ont permis d'apporter une contribution à la connaissance de la dynamique des peuplements de savane à Madagascar ;

b) un aspect appliqué :

— l'étude de l'influence respective des différents facteurs intervenant dans l'écosystème où le bétail, par le broutage sélectif et le piétinement, et l'homme jouent un rôle prépondérant.

Cette analyse devrait nous amener à faire le point sur le problème de l'évolution des pâturages et à envisager une amélioration des techniques d'exploitation.

I^{re} PARTIE.

IMPERATA CYLINDRICA (Linn.)

Imperata cylindrica est une graminée pan-tropicale commune dans les pâturages à *Hyparrhenia* des zones à climat de type soudanien. Elle est importante sur le plan économique parce que son éradication des cultures et des pâturages est rendue difficile par l'existence d'un appareil souterrain développé et résistant et une activité photosynthétique intense.

Son extension dans un pâturage naturel diminue considérablement la productivité de celui-ci à cause de son appétibilité temporaire, la plante n'étant pâturée qu'à l'état jeune.

Afin de connaître sa réaction lorsqu'elle est soumise à la pression plus ou moins forte des facteurs écologiques, des expérimentations ont été suivies dans des pâturages où la charge instantanée et le mode d'exploitation (rythme des feux) subissaient des variations nettes et parfaitement connues.

I. BIOMORPHOLOGIE

L'étude de la biomorphologie d'*Imperata cylindrica* a été essentiellement orientée sur le mode d'occupation de l'espace souterrain.

Des prélèvements de sol d'une superficie de 1 m² et sur 20 cm de profondeur ont été faits dans des associations végétales présentant des faciès de dégradation à différents stades.

Dans une savane sous-exploitée par le bétail et dans laquelle *Imperata cylindrica* devenait dominant, le contrôle du développement de l'appareil souterrain a donné les résultats suivants :

Rhizomes

Densité de rhizomes au m² sur 20 cm de profondeur.

Longueur totale/m².

Imperata domi- = 250 m de rhizomes vivants
nant 60 m de rhizomes morts

Faciès dégradé = 135 m de rhizomes vivants
(longueur moyenne)

Poids total/m² en matière sèche = 0,521 kg
p. 100 de ms dans la matière brute = 37 p. 100

Racines

Divers sondages nous ont permis d'évaluer le poids des racines au 1/10 du poids des rhizomes (en ms).

Poids total de l'appareil souterrain/ha en ms

5 210 kg + 521 kg = 5 730 kg/ha .

Rapport appareil souterrain/appareil aérien

Sur les mêmes surfaces, dans le faciès dégradé, le poids total des tiges est, à l'hectare, environ de 3 430 kg de matière sèche.

On peut estimer que le poids de l'appareil aérien est égal au poids de l'appareil souterrain × 0,6. Ce coefficient est à comparer avec celui donné par HEDIN (4) qui, étudiant la même question en pays tempéré, trouve le même coefficient de 0,6 mais inversé, la biomasse de l'appareil souterrain étant moins élevée que celle de la végétation épigée.

On peut donc dire qu'*Imperata cylindrica* est essentiellement une plante géophyte rhizomateuse, que sa biologie est étroitement liée aux sols et on peut prévoir que son développement sera influencé par les facteurs qui vont en modifier la structure et la composition. Par ailleurs, si l'on admet que 80 p. 100 de l'azote de l'appareil souterrain est minéralisé, la présence dans la couche superficielle d'une quantité importante de matière organique va amener un enrichissement du profil en composés phospho-humiques et en azote.

II. FACTEURS INFLUANT LE DÉVELOPPEMENT DE L'APPAREIL VÉGÉTATIF

1. Mise en évidence de l'importance de la compétition interspécifique

Un contrôle de l'évolution du tallage d'*Imperata* a été mis en place à la fin de la saison des pluies (mars 1972) dans un pâturage naturel présentant 2 zones :

- l'une exploitée normalement (objet A-I),
- l'autre brûlée tous les ans (objet A-II).

Dans la zone brûlée régulièrement, on a arraché toutes les touffes n'appartenant pas à l'espèce *Imperata cylindrica* afin de supprimer toute compétition (objet A-III). Les résultats apparaissent dans le tableau I.

TABL. N°I- Nombre de talles vivantes/4m²

Objet	Date		
	25.03.72	25.05.72	14.01.73
A - I	44	33	30
A - II	380	385	392
A - III sarclé	386	769	2005

L'influence du couvert végétal apparaît nettement. La présence d'autres espèces dans les zones exploitées normalement par le feu et le pâturage maintient ou fait régresser le nombre

de talles, alors que la suppression de la compétition des espèces hémicryptophytes permet l'expansion très rapide d'*Imperata cylindrica*.

2. Influence du mode d'exploitation sur le développement de l'individu (recouvrement)

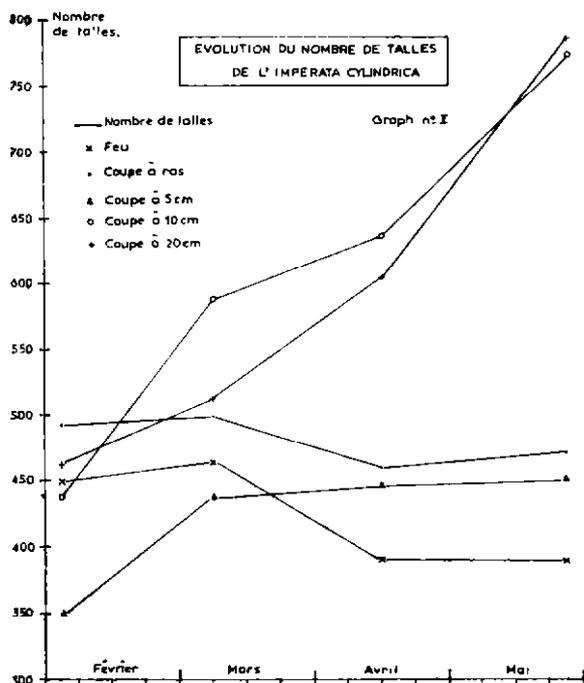
Le comportement d'*Imperata cylindrica* soumis à des traitements différents reproduisant les conditions d'exploitation en milieu extensif a été étudié sur une parcelle homogène sur le plan des sols et du recouvrement. Les traitements effectués étaient :

- mise à feu,
- coupes au ras du sol (répétées mensuellement),
- coupes à 5 cm au-dessus du sol,
- coupes à 10 cm au-dessus du sol,
- coupes à 20 cm au-dessus du sol.

Sur des carrés témoins, on a contrôlé l'évolution du tallage.

Résultats : graphique n° I et II, tableau n° II.

On peut séparer les réactions en 2 groupes. Les coupes basses et le feu ont un effet dépressif sur le nombre de talles, avec une prépondérance pour l'action du feu. Il semble que le seuil se situe vers 5 cm de hauteur.



Graph n° II PROGRESSION RELATIVE DU PEUPEMENT D'IMPERATA CYLINDRICA D'APRES LE NOMBRE DE TALLES (Intervention mensuelle)

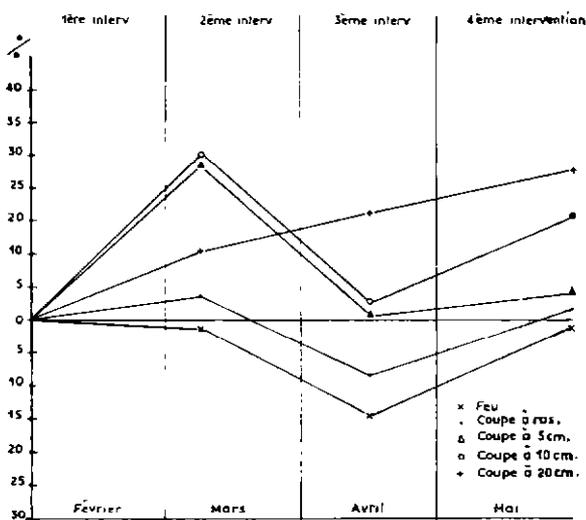


TABLEAU N°II - Progression du peuplement en talles au m²

	Progression relative à chaque intervention				Progression totale sur 4 mois			
	1ère interv. (installation 2.02.72)	2e interv. 8.03.72	3e interv. 14.04.72	4e interv. 30.05.72	Nombre de talles 2.02.72	30.05.72	Δ	p.100
Feu	456	- 4 - 0,87 p.100	- 65 -14,4 p.100	- 3 - 0,85 p.100	456	384	- 72	- 15,8
Coupe à ras	489	+ 18 + 3,68 p.100	- 43 - 8,4 p.100	- 5 + 1 p.100	489	470	- 19	- 3,8
Coupe à 5 cm	344	+ 102 +29,6 p.100	+ 4 - 0,9 p.100	+ 14 + 3,1 p.100	344	464	+ 120	+ 34,8
Coupe à 10 cm	447	+ 137 +30,6 p.100	+ 16 + 2,74 p.100	+ 137 +21,4 p.100	447	777	+ 330	+ 73,8
Coupe à 20 cm	451	+ 49 +10,8 p.100	+ 110 +21,5 p.100	+ 172 +27,9 p.100	451	787	+ 336	+ 74,5

Par contre, les coupes hautes à 10 et 20 cm exercent une stimulation dont les effets cumulatifs accroissent nettement le nombre de talles et le recouvrement.

La suppression totale de l'appareil aérien modifie profondément la physiologie de la plante, l'arrêt des activités photosynthétiques a un effet dépressif sur la vitalité de cette espèce essentiellement souterraine. Le rapport entre la végétation hypogée et épigée peut laisser supposer qu'il y a déséquilibre du rapport C/N, la minéralisation d'une quantité importante d'azote au niveau des rhizomes exige une synthèse active du carbone. Il faut remarquer que contrairement à ce que l'on observe chez les hémicryptophytes de savane, les chaumes d'*Imperata* persistent plusieurs années ; ils ne sont pas éliminés et remplacés à chaque arrêt de végétation comme chez les autres Andropogonées (*Hyparrhenia*, *Heteropogon*, *Hyperthelia*). La faible biomasse de l'appareil épigée est compensée par une activité photosynthétique continue.

L'effet des coupes hautes, et en particulier de la première, a un effet stimulant si elle n'est pas inférieure à 5 cm. Son optimum d'effet se situe entre 5 et 10 cm, et c'est le niveau habituel de coupe de l'herbe par le bétail.

La suppression totale par le feu ne favorise pas la multiplication des innovations et l'intervention répétée déprime la plante et entraîne la disparition et l'épuisement partiel de celle-ci si l'appareil aérien est régulièrement supprimé. L'écimage des feuilles a un effet stimulant sur le tallage, et sur la croissance intercalaire, de nouvelles feuilles étant développées par élongation.

Il semble que dans des conditions favorables (sol, écimage) il y a accroissement du tallage et croissance plagiotropique en profondeur des rhizomes que nous avons appelés : « rhizomes d'expansion » pour *Aristida rufescens*, ce qui favorise l'occupation de l'espace souterrain.

Dans des conditions défavorables, lorsqu'il y a un déséquilibre produit par la suppression répétée de l'appareil aérien (feu, surpâturage), il semble qu'il y ait un arrêt dans la croissance, le « stress » déclenchant le développement d'un cycle complet, l'appareil épigé réduit donnant des chaumes qui fleurissent et grainent.

3. Influence du mode d'exploitation sur la dynamique de l'association (contribution spécifique)

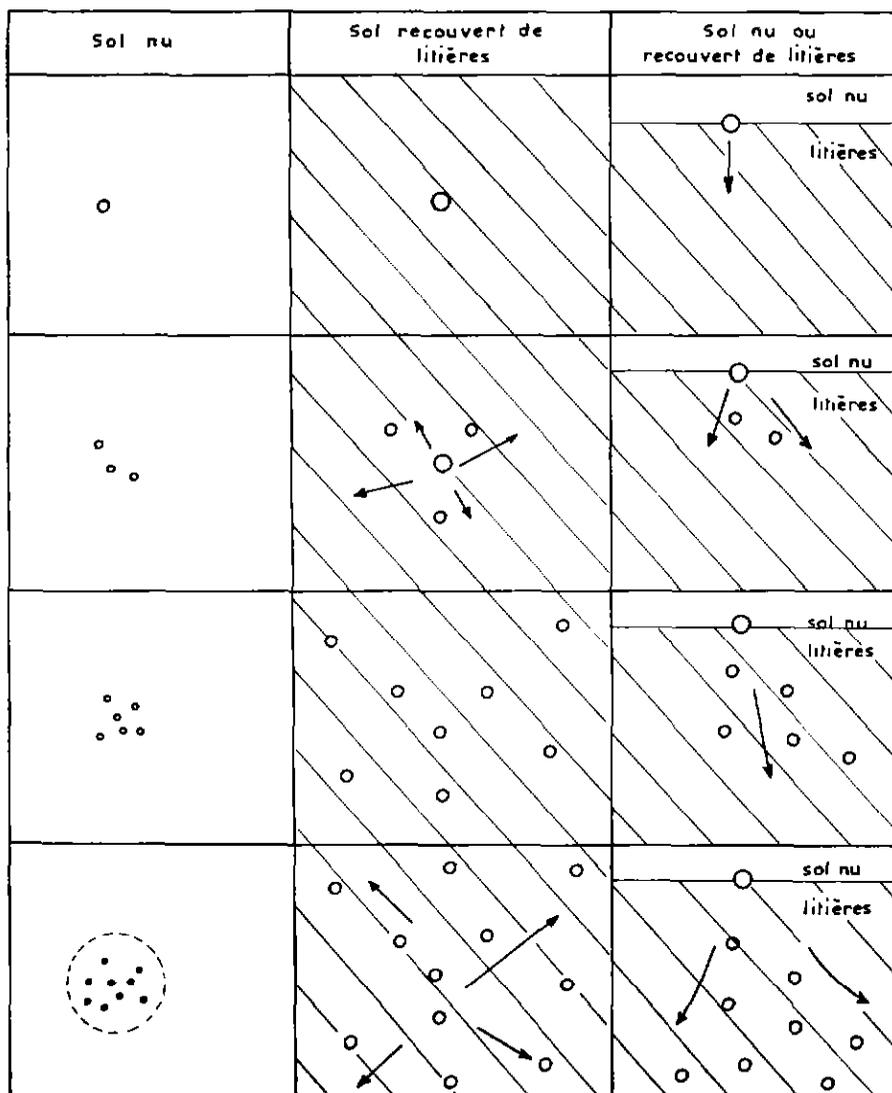
Dans le tableau n° III, on note la progression du nombre de talles/m² dans une savane soumise à divers modes d'exploitation. Il est impossible de connaître l'état initial de la savane, mais on peut supposer, étant donné la très grande homogénéité des sols et du relief, que la végétation était homogène avant sa mise en valeur par l'élevage extensif.

L'exploitation par fauchage ou mise à feu permet de contrôler l'expansion d'*Imperata cylindrica*, la sous-exploitation favorise l'envahissement et l'occupation de l'espace aérien par les talles, qui sont stimulées comme nous venons de le noter au paragraphe précédent par un écimage dû à la dent du bétail. Dans les zones mises en défens nous avons déjà remarqué que l'espace souterrain était pratiquement colonisé par la masse importante des

TABLE. N°III-Influence du mode d'exploitation sur les variations de la présence et de l'abondance-dominance d'*Imperata cylindrica*.

Faciès ou traitement	Nombre de talles/m ²			Variations
	15-10-70	16-07-71	20-06-72	
Fauchage régulier	6	3	2	- 66 p.100
Fauché et pâturé rationnellement	23	25	18	- 21 p.100
Brûlé en rotation (en saison sèche)	48	33	17	- 6,1 p.100
Brûlé à contre-saison en rotation	120	118	122	-
Brûlé à contre-saison puis sous-exploité	31	33	40	+ 30 p.100
Mise en défens depuis 4 ans	33	56	93	+ 181 p.100
Mise en défens depuis 11 ans	119	509	458	+ 284 p.100

SCHEMA DU MODE D'EXPANSION D'IMPERATA CYLINDRICA



rhizomes et des racines. L'occupation de l'espace aérien par les chaumes ayant une grande longévité interdit toute possibilité de régénération aux hémicryptophytes cespiteuses.

4. Influence de la couverture du sol sur l'expansion d'*Imperata cylindrica*

Dans les schémas ci-contre, nous avons illustré les résultats d'une expérimentation effectuée pour déterminer l'influence du couvert végétal, en particulier la présence de litières sur le mode de colonisation du sol par les rhizomes et les touffes issues d'un pied-mère. Sur une zone desherbée, on a planté une touffe d'*Imperata* composée d'un fragment de rhizome et d'une innovation.

Le développement de touffes secondaires a été suivi pendant 1 an. On voit sur les schémas que :

— si le sol reste nu, la plante n'a pas tendance à s'étendre. Elle donne peu de touffes secondaires, les rhizomes sont courts, les points d'apparition des talles sont concentrés autour du point initial ;

— si le sol est couvert d'une épaisse couche de litières, les rhizomes se développent, s'allongent et on constate l'apparition diffuse des touffes secondaires sur l'ensemble de la parcelle (6 m²) ;

— lorsque la touffe initiale est plantée à la limite de 2 zones, l'une nue et l'autre recouverte, l'expansion se fait exclusivement dans la zone protégée par le mulch.

La protection du sol, par l'action qu'elle exerce sur le maintien de l'humidité, la température du sol et la minéralisation de la matière organique favorise l'expansion de *Imperata*. Ce comportement peut être interprété comme une adaptation aux sols forestiers, l'existence d'un mulch ne pouvant être considérée comme normale en savane.

On avait observé que dans certains pâturages où le foin était laissé en andains à la disposition du bétail, *Imperata* avait tendance à coloniser l'emplacement des andains, ce qui se matérialisait par des bandes parallèles à dominance d'*Imperata*. La persistance d'un mulch élimine les hémicryptophytes qui sont des héliophytes stricts et favorise les géophytes (*Imperata*).

III. MULTIPLICATION

1. Végétative

Des essais de bouturage ont été effectués sur des parcelles élémentaires, avec du matériel végétal comprenant des fragments soit :

- de talles avec ou sans racines,
- de rhizomes avec ou sans racines, avec ou sans bourgeons, etc...,
- de rhizomes principaux ou secondaires.

Dans tous les cas, on a remarqué un tallage actif, l'expansion étant rapide dès qu'une talle commence à photosynthétiser.

Les racines ne sont pas indispensables à la reprise, mais l'existence d'un bourgeon terminal assure le démarrage.

L'activité photosynthétique est intense, si l'on juge le rapport entre la surface verte et la production de matière sous le sol.

Il est certain qu'un labour ne peut éliminer *Imperata* d'une zone. Tous les fragments des rhizomes principaux peuvent redonner une touffe qui, dès qu'une feuille apparaît, permet à l'appareil souterrain de coloniser les sols favorables, ameublés par le labour.

2. Sexuée

Au cours de l'expérimentation sur les réactions de l'individu à l'action de divers traitements (II.2) on a noté le déclenchement de la floraison.

Au cours d'une année d'observations, les traitements ont donné les résultats suivants :

— action du feu :
elle déclenche la floraison sur 20 p. 100 des talles ;

— action de la coupe :
au niveau du sol : 12 p. 100 d'inflorescences
à 5 cm : 6 p. 100 d'inflorescences
à 10 et 20 cm : aucune inflorescence.

Il semble que la floraison soit indépendante du cycle végétatif. Elle n'est pas liée comme pour les savanicoles à la longueur du jour ou au dessèchement du sol. Elle est déclenchée par l'épuisement de l'appareil végétatif, la disparition des activités photosynthétiques. L'écimage répété des feuilles n'a aucune action, même en saison sèche, sur le déclenchement de la floraison.

La germination

Au cours d'une étude de la germination de quelques graminées de savane (3) nous avons testé le pouvoir germinatif des semences d'*Imperata cylindrica* soumises à des traitements qui reconstituaient en laboratoire les effets des principaux facteurs écologiques auxquels les semences sont soumises dans la nature.

Résultats

On note l'influence favorable de la dénudation et de la mise au contact de l'eau, et l'action défavorable du feu. Cette espèce a un très grand pouvoir germinatif en milieu humide. La graine est protégée par son enveloppe cotonneuse qui, une fois imbibée, permet une germination rapide en maintenant une atmosphère humide autour de l'embryon. C'est le pouvoir germinatif le plus élevé enregistré au cours de l'expérimentation.

TABLEAU N°IV-Résultats

Traitement	Pourcentage de levées		
	à 6 j.	12 j.	16 j.
Témoin	1	47	75
Feu sur graines en surface	9	17	18
Feu sur graines enterrées	2	13	13
Chaleur 200° pendant 3 mn	0	0	0
Chaleur 60° pendant 8 jours	27	52	55
Exposition au soleil pendant 3 mois	33	45	47
Humidité pendant 8 jours	44	56	58
Dénudation totale des semences	51	92	92

La dispersion dans le milieu est limitée parce que :

— la floraison est déclenchée accidentellement et les semences peuvent être produites à une époque défavorable ;

— l'énergie germinative est très élevée ; il faut attendre 16 jours pour obtenir le maximum de plantules. Les besoins en eau sont donc importants et, en savane, le milieu subit parfois des dessèchements brusques et prolongés ;

— dans une association végétale, les savanicoles ont une énergie germinative faible et concurrencent *Imperata* ;

— un milieu riche en eau et en matière organique est nécessaire.

Si dans la savane ces conditions ne sont pas souvent rassemblées, par contre le défrichement et les jachères favorisent la multiplication de l'espèce.

CONCLUSION

Bien qu'*Imperata cylindrica* soit considérée comme une espèce commune, accompagnatrice banale des associations végétales à *Hyparrhenia* ou *Heteropogon*, son comportement est très différent de celui des hémicryptophytes dominantes en savane.

Sa biomorphologie montre que c'est essentiellement une espèce souterraine, liée aux conditions édaphiques, sur le plan de la structure physique, de la teneur en matière organique en profondeur et également influencée par l'existence d'une couverture en surface (litières).

L'étude de ses capacités de germination montre qu'elle a des affinités avec les milieux humides, ce qui laisse penser qu'elle est originaire d'un domaine différent de celui de la savane.

De plus, dans un pâturage naturel rationnellement exploité, on observe que les introductions d'*Imperata* sont rares, ou qu'il régresse sous l'effet conjugué du feu et du pâturage. Il semble que contrairement à une opinion admise, ce n'est pas le surpâturage qui favorise sa multiplication, mais au contraire le sous-pâturage et la mise au repos prolongée de la savane. Nous avons montré comment la sous-exploitation reproduite par des coupes hautes favorisait le tallage et l'expansion en maintenant une activité photosynthétique qui joue un rôle primordial dans la physiologie de cette espèce souterraine.

La suppression du feu, dont les effets sur le sol ont été reproduits par le maintien d'une litière de chaumes, semble avoir une influence sur l'expansion à la fois de la masse des rhizomes et de la végétation épigée, la plante parvenant à occuper tout l'espace souterrain et aérien.

Imperata se comporte comme un « parasite » de l'association végétale. En conditions d'exploitation normale, la compétition des savanicoles n'est pas favorable à son extension, mais dès qu'apparaît un déséquilibre en surface, une modification de la couche superficielle du sol, il concurrence les hémicryptophytes et parvient à les éliminer. « L'ouverture » du milieu, par les

défrichements de forêts ou les jachères favorise son expansion. L'occupation du sol devient définitive quand la densité de rhizomes atteint 180 à 200 talles environ au m².

C'est une plante accompagnatrice qui devient dominante et modifie profondément le milieu. Si la productivité du pâturage est considérablement réduite, les potentialités des sols sont accrues et nécessitent l'introduction de techniques intensives pour les exploiter.

Cette étude permet d'expliquer l'influence du bétail et du pâturage non contrôlé, l'appétibilité faible et temporaire d'*Imperata* favorisant son expansion et dans un autre domaine, le rôle néfaste de l'utilisation du gyrobroyeur dans une zone en déséquilibre, l'accumulation des litières favorisant la propagation du géophyte.

II^e PARTIE.

ARISTIDA RUFESCENS (Stend)

Aristida rufescens Stend. (= *Aristida multicaulis* Bak.) est placée dans la section *Chaetaria* du genre *Aristida* à côté d'*A. similis* Stend. et *A. junciformis* Trin. et Rupr. (espèce homologue d'Afrique australe).

Les caractères spécifiques qui permettent de la distinguer sont ceux de la clé des graminées des pâturages de J. BOSSER (2). L'observation des populations dans différentes zones montre des convergences de formes et d'espèces voisines, et surtout avec *Aristida similis*.

L'utilisation de critères biométriques tels que la longueur des arêtes ne permet pas la délimitation de l'espèce avec précision, ce qui nous a amené à considérer l'existence de nombreux accommodats ou écotypes.

Néanmoins, le but de notre étude n'étant pas présentement la systématique de l'espèce, nous nous sommes appuyés sur des échantillons caractéristiques de l'espèce *rufescens*.

I. ÉTUDE DESCRIPTIVE

A. Description

1) Appareil végétatif

a) La talle

Le nombre des nœuds est variable, les variations constatées vont de 5 à 14 nœuds pour des talles d'origine et de port différents.

Le bourgeon terminal de chaque talle est florifère. La croissance en longueur de l'axe est bloquée à chaque fin de cycle à la fin de la saison humide, par le développement de l'appareil reproducteur mais des bourgeons axillaires intra-vaginaux se développent régulièrement tout le long de cet axe dans un ordre basifuge comparable à la basitonie des ligneux. La levée d'inhibition est rapide puisque des ramifications apparaissent pendant le même cycle de végétation que celui de la talle principale, ce qui est une preuve de dominance apicale réduite, localisée ou passagère. La verse ou la plagiotropie favorise le démarrage de tous les bourgeons axillaires même quand ils sont en position hypotone.

Les rameaux secondaires ont un port dressé, oblique ou arqué selon leur position sur la touffe, l'angle pouvant atteindre 90° dans le cas où le chaume principal est couché ; la talle secondaire ne dépasse pas la hauteur de son support. Chaque ramification fleurit pendant la saison de végétation. Elle peut porter d'autres ramifications d'ordre 3 et d'ordre 4 qui apparaissent soit la même année que l'axe principal, soit les années suivantes, selon un mode de croissance monopodique.

La longévité de la talle principale peut être supérieure à 2 années dans des conditions normales de développement contrairement à ce que l'on observe généralement sur les autres graminées vivaces de savane.

b) La touffe (planches 1, 2, 3)

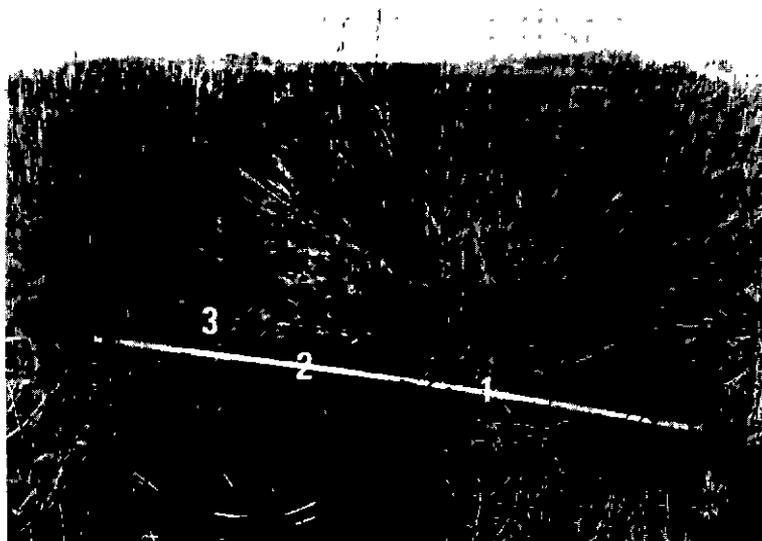
Sur plateau : l'aspect de touffe est donné, à la surface du sol par les talles vivantes, dressées le plus souvent, densément groupées, de taille comparable (touffe en boule, aspect de botte d'asperges).

Chaque touffe bien individualisée montre sur tout son pourtour une auréole vide de végétation de 30 à 60 cm de large que nous appelons « zone à *Aristida* ». Elle est représentée par du sol nu ou un mulch formé par la litière issue des talles accumulées (voir schéma du profil, planche 2).

Le nombre de talles très élevé (300 pour une touffe de 60 cm de diamètre) est due à la ramification échelonnée sur l'axe principal.

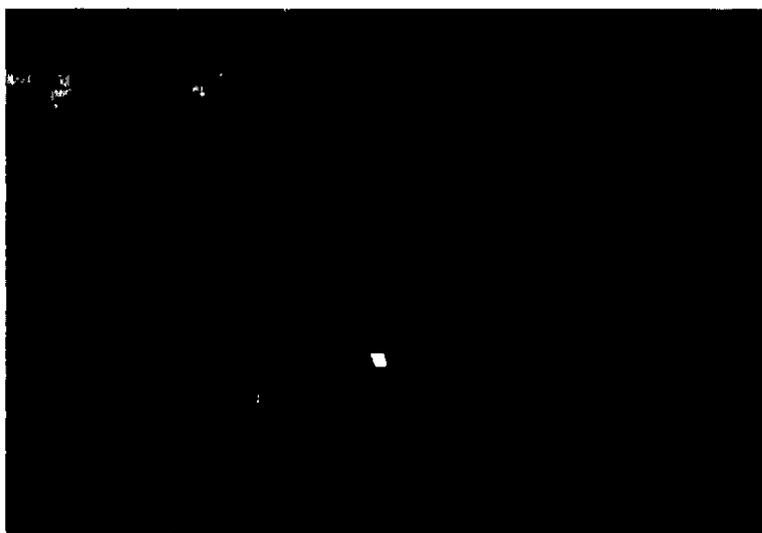
Sur pentes : la forme s'ovalise et le pourtour se lobe jusqu'à former un croissant. Les talles sont diffuses et les innovations se concentrent à la partie inférieure de la zone et sur la partie

Planche 1. — Touffe d'*Aristida rufescens*
(Moyen Ouest de Madagascar).



— Touffe normale en section :

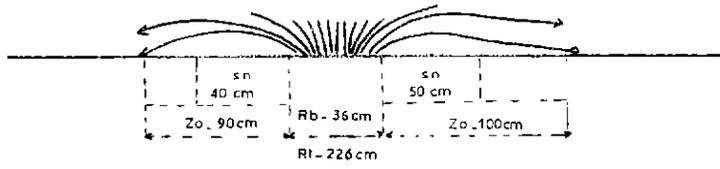
- 1) Centre de la touffe.
- 2) Zone à *Aristida* (sol nu)
- 3) Talles ayant versé.



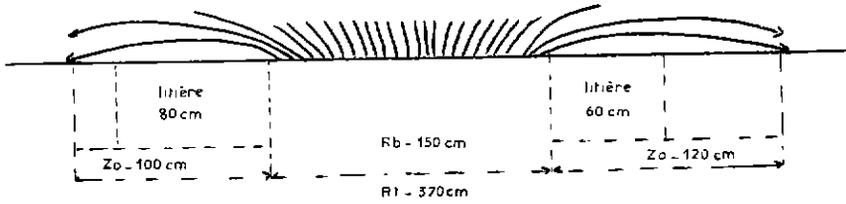
— Touffe implantée sur une termitière : les talles les plus récentes se trouvent au sommet de la termitière et sur les dernières extensions de celle-ci.

PROFIL DE L'APPAREIL AÉRIEN DE LA TOUFFE D'ARISTIDA RUFESCENS

A. Touffe jeune brulée tous les ans



B. Touffe ancienne en défens



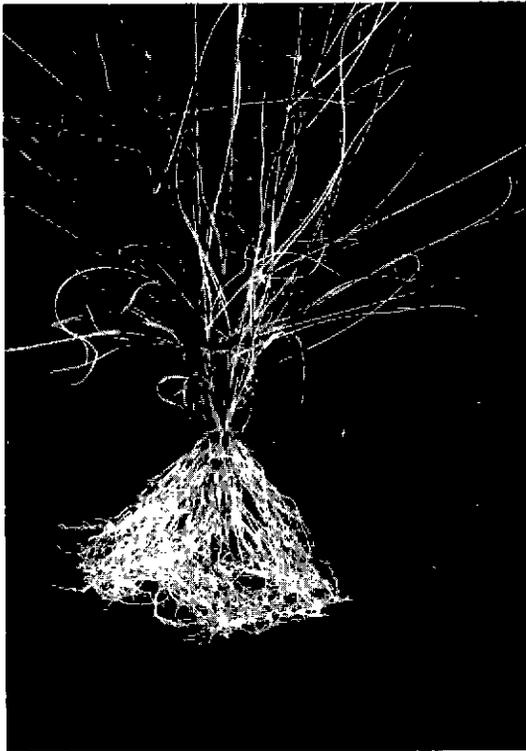
Zo - zone d'influence de la touffe

sn - sol nu

Rb - recouvrement basal.

Rt - recouvrement total.

Planche 3. — Appareil aérien d'*Aristida rufescens*.



— Jeune touffe issue d'un semis au laboratoire (âge : 6 mois).



— Touffe pâturée : ramifications secondaires apparues après suppression des bourgeons supérieurs.

du terrain en relief : bourrelet de sol meuble conservé ou reconstitué.

A certains moments sur des surfaces très érodées ce sont de véritables plages à *Aristida* continues, sans touffes individualisées.

Sur talus et parois de lavaka : la dominance d'*Aristida* est maximale sur les pentes où la compétition interspécifique est supprimée. L'aspect de la touffe est caractérisée par un port horizontal des talles primordiales, une abondante ramification des axes principaux :

— à la base (bourgeons inférieurs donnant des talles à port horizontal) ;

— à leur extrémité (bourgeons supérieurs donnant des talles à port redressé ou vertical).

Une accumulation des chaumes secs sous la touffe et vers le bas (verse par gravité) s'accompagne d'une reprise au centre et à la partie supérieure : la forme est en « queue de cheval » et le rajeunissement des individus semble plus rapide qu'ailleurs par suite des remaniements fréquents de la paroi et de la zone dénudée.

c) L'appareil souterrain (planches 4, 5, 6)

Cet ensemble composé du plateau de tallage, des rhizomes et des racines, concentré dans les horizons supérieurs du sol A2 et B2 s'étend par les racines jusqu'à l'horizon C qui peut se situer à plusieurs mètres de profondeur, 2 à 3 m dans le Moyen-Ouest.

1) Le plateau de tallage

Il est situé à une profondeur déterminée pour chaque type de sol, mais, dans chaque cas, reste toujours à la même distance de la surface. *Aristida* est bien un géophyte.

Le plateau de tallage est caractérisé par :

— une activité quasi ininterrompue et un accroissement régulier, pendant toute la vie de la plante ;

— une accumulation constante de nouveaux éléments sur la souche mère.

Les axes principaux sont presque toujours parallèles à la surface du sol et suivent par conséquent les déformations de cette surface : verticaux, ascendants ou descendants, horizontaux, obliques.

2) Les rhizomes

Les axes principaux : ce sont des axes directeurs de la « souche » à entre nœuds assez

courts, à nœuds épais sans aucune protection extérieure et fortement ligneux.

Les axes secondaires : plus épais, plus noueux et plus denses que les précédents, ils sont le siège d'un tallage constant et le niveau de départ des racines principales. Leur direction de croissance est souvent perpendiculaire aux axes principaux. Ils portent 2 types de bourgeons, les uns normaux, les autres hypotones gros et enveloppés d'écailles protectrices scarieuses (bourgeons quiescents).

Les rhizomes d'expansion (planche 4) : ce sont des axes jeunes à conformation normale, protégés par une écorce cireuse et sèche et portant des bourgeons intra-vaginaux alternes et amphitones. Ils sont issus du centre de la souche et proviennent de l'éclosion des « macro-bourgeons » hypotones. La croissance de ces axes est rapide, d'abord plagiotrope au-dessous de la touffe puis orthotrope, par suite de la courbure déterminée par une plage favorable : sol nu, horizon remanié.

Ils ne portent pas de racine au départ et peu de ramification tant que le bourgeon terminal n'a pas évolué en talle aérienne adulte (montaison) par suite d'une très forte dominance apicale temporaire.

La ramification souterraine (planche 4) : les nombreux départs du plateau de tallage sont localisés aux rhizomes secondaires.

La disparition d'une talle provoque le démarrage des bourgeons situés immédiatement en-dessous sur le même rhizome qui donnent des talles toujours verticales.

Par contre, le rhizome d'expansion ne se ramifie pas tant qu'il reste dans la zone d'influence de la touffe. Après une progression plus ou moins longue, il finit par se redresser et donne des talles secondaires selon le même mode que ceux issus du plateau de tallage. Ainsi se crée une nouvelle touffe.

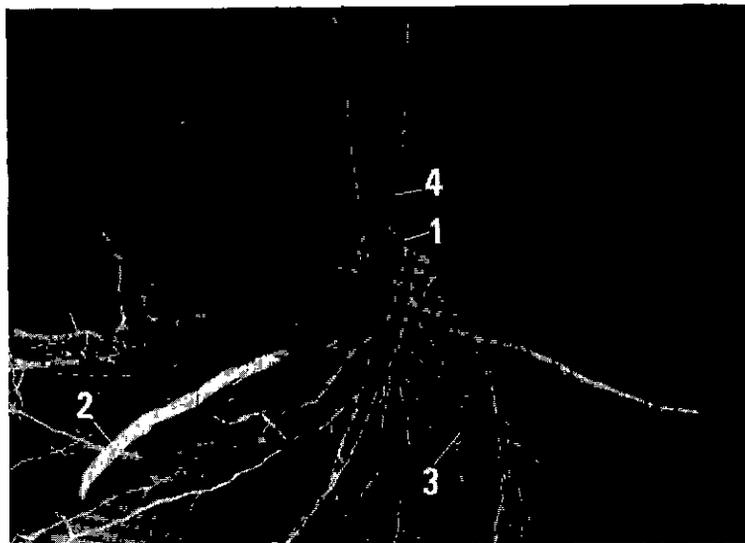
3) L'appareil racinaire (planche 7).

L'évolution de la structure des racines monte :

— la persistance d'une assise pilifère dense sur les racines âgées,

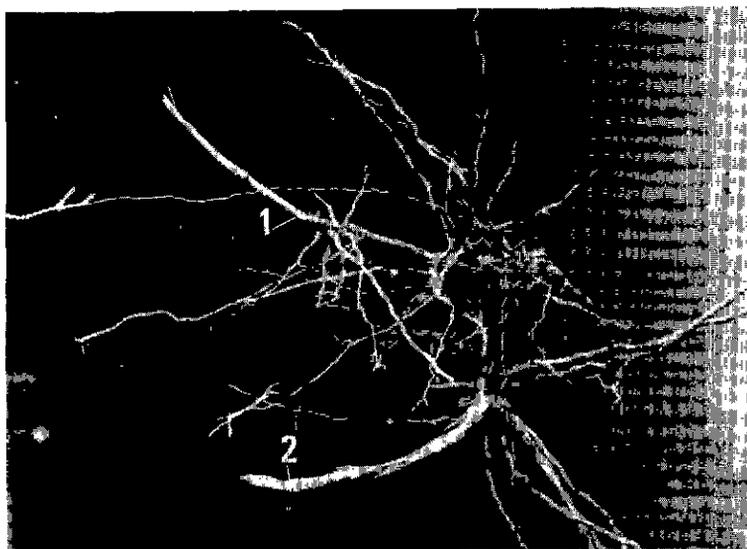
— la formation d'un anneau de tissu lacuneux, dans l'écorce, entre l'assise de sclérenchyme superficiel et l'endoderme.

Planche 4. — Appareil souterrain d'*Aristida rufescens*.



— Jeune touffe :

- | | |
|-------------------------|----------------------|
| 1) Plateau de tallage. | 3) Réseau racinaire. |
| 2) Rhizome d'expansion. | 4) Talles aériennes. |

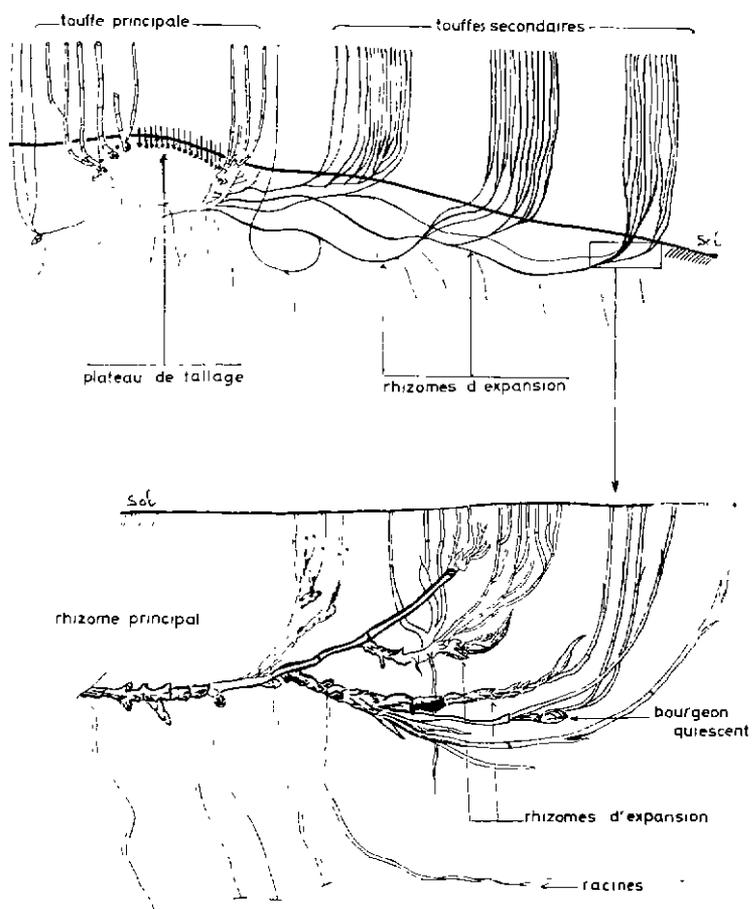


— Fragment d'une touffe âgée montrant 2 plans de colonisation du sol :

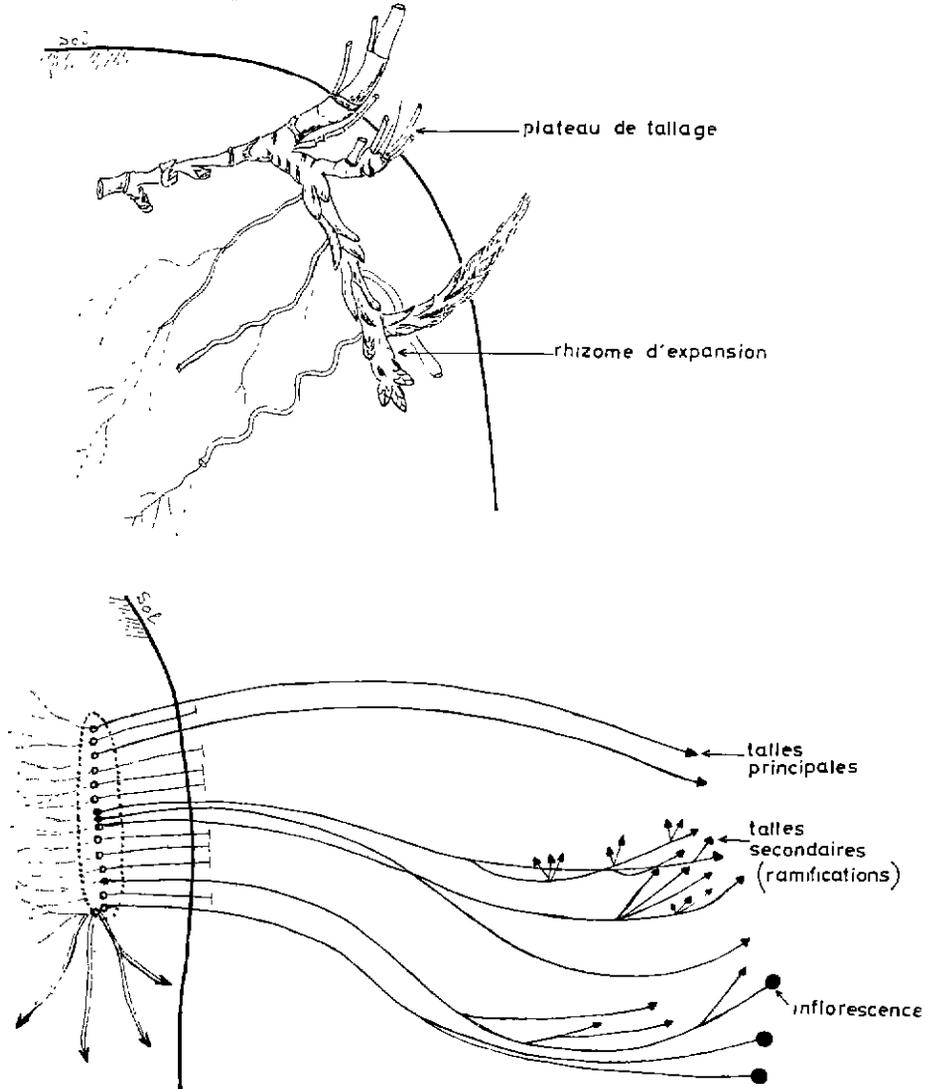
- | |
|----------------------------------|
| 1) Celui du plateau de tallage. |
| 2) Celui du rhizome d'expansion. |

TOUFFE D'ARISTIDA RUFESCENS - PROFIL SUR PLATEAU

Pl 3



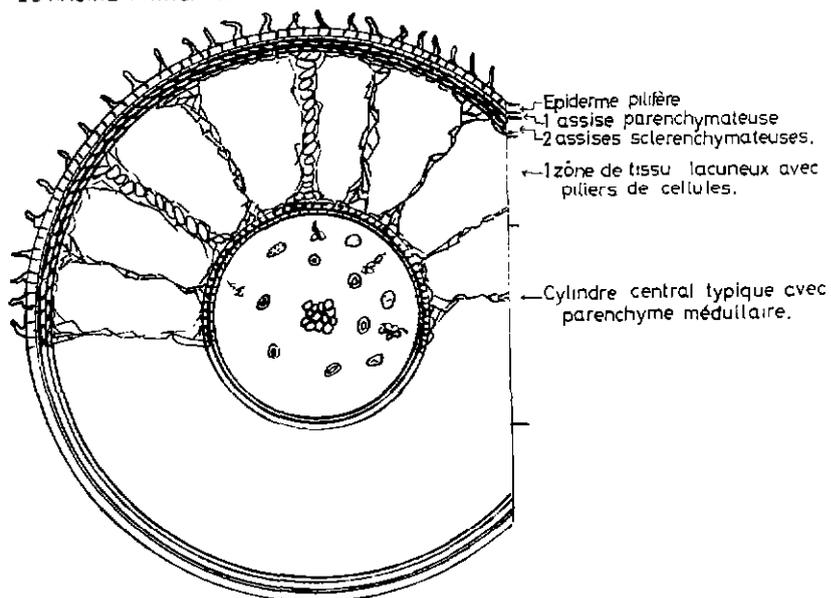
TOUFFE D'ARISTIDA RUFESCENS - PROFIL SUR PENTE Pl 6



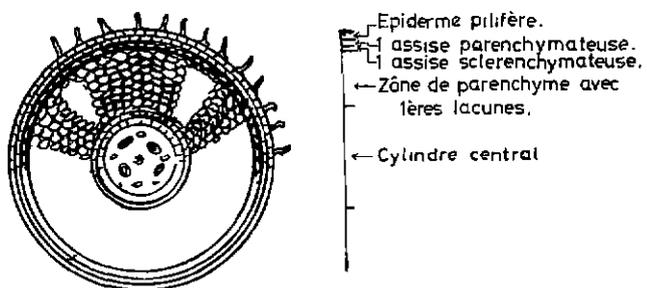
RACINE D'ARISTIDA RUFESCENS

Pl. 7

I. RACINE PRINCIPALE.



II. RACINE SECONDAIRE.



Cette zone lacunaire doit vraisemblablement jouer un rôle de protection contre le dessèchement rapide du milieu, ou l'augmentation des forces de rétention de l'eau dans des sols dépourvus de matière organique.

En outre, le réseau racinaire fasciculé typique des graminées est bien développé, en forme de cône, sur une profondeur de l'ordre de 50 cm et prolongé par certaines racines qui descendent dans des couches plus profondes jusqu'à l'horizon minéral ou humide. Dans des sols ferrallitiques homogènes, on a observé des racines jusqu'à 3 m de profondeur.

L'allongement constant des racines permet à cette plante vivace d'atteindre les couches profondes qui ne sont pas prospectées par d'autres espèces. Ce caractère nous semble déterminant d'une part pour l'implantation et la résistance de l'espèce, d'autre part pour la régénération des sols (mobilisation des éléments minéraux inférieurs).

2) L'appareil reproducteur

L'épillet est un épillet typique de graminées ; nous retiendrons comme caractéristique du genre la présence d'une arête trifurquée, d'un callus basal et la persistance des glumes sur l'axe.

L'absence d'articulation particulière à la section *Chaetaria* des *Aristida* (8) montre la persistance des arêtes pendant la vie ralentie de la graine, même dans la litière en voie de décomposition.

Si la fécondité de l'espèce et la fertilité des graines sont normales, par contre, la dissémination et le rythme de floraison paraissent originaux.

Aristida fleurit tardivement au début de la saison sèche et la maturation des graines paraît plus longue que celle des graminées spontanées associées (*Hyparrhenia*, *Heteropogon*). En effet la cassure est tardive ; elle se produit généralement en-dehors de la saison sèche.

La graine passe donc 5 mois sur son support, dans des conditions de sécheresse maximale.

B. Structure et composition

a) Anatomie

L'examen des coupes de limbe à divers niveaux montre bien l'appartenance au type *Chaetaria*. Il semble y avoir une forme constante avec poils unicellulaires, sclérenchyme dans les sillons externes et succession homogène des différents faisceaux. Le repli du limbe est secondaire. Les rhizomes ont des structures typiques de monocotylédons avec de nombreux cycles de faisceaux vasculaires. Le parenchyme intercalaire contient de nombreuses réserves d'amidon. Une épaisse couche de sclérenchyme périphérique assure la rigidité de ces axes.

b) Composition

La comparaison du pourcentage de matière sèche des rhizomes d'*Aristida* (70 p. 100) et d'*Imperata* (25 p. 100) montre la ressemblance avec la composition du ligneux pour *Aristida rufescens*.

Le tableau n° I établit la comparaison entre les espèces à croissance rapide comme *Chloris*, *Setaria*, une espèce à cycle court, *Stylosanthes* annuel et 2 espèces caractéristiques de la savane, *Hyparrhenia* et *Aristida*.

On remarque :

— dans les 2 espèces de savane, une teneur élevée en lignine,

— des teneurs très élevées en cellulose et hémicellulose chez *Aristida rufescens* qui se distingue nettement de l'*Hyparrhenia*, savanicole typique.

Ces caractéristiques sont à rapprocher de la pérennité de la touffe, de la longueur des cycles et de son comportement qui rappelle celui de ligneux (bambous).

TABL. N°I-Dosages des glucides membranaires de quelques espèces caractéristiques.

Espèces Constituants en p.1 000 de la MS	<i>A. rufescens</i> (feuilles en saison sèche)	<i>H. rufa</i> (feuilles en saison sèche)	<i>Chloris</i> <i>gayana</i>	<i>Setaria</i> <i>sphacellata</i>	<i>Stylosanthes</i> <i>humilis</i> (annuelle)
Cellulose	338,2	278,7	281,0	298,1	211,3
Hémicellulose	350,0	271,6	216,5	231,2	134,4
Lignine	149,7	150,9	142,7	127,1	118,8

Planche 8. — Germinations d'*Aristida rufescens*.



— Premiers stades récoltés au pied des touffes (zone à *Aristida*).



— Premiers stades en place : paroi abrupte à surface craquelée.

II. ÉTUDE DE SA BIOLOGIE

A. Germinations (planche 8)

Des germinations ont été trouvées dans les milieux suivants : domaine de l'Est : seuils rocheux, parois de lavaka ; domaine du Centre : plateaux, pentes, lavaka, alluvions, sous forêts ; domaine de l'Ouest : buttes érodées, alluvions, sols compacts.

Au laboratoire, des germinations ont été obtenues sans aucun prétraitement sur divers supports : litières, sable grossier, terreau, papier buvard.

Aristida peut se propager par graines et germe partout à condition de disposer d'humidité sous ombrage ou en plein soleil ; d'un support grossier : sol squelettique ou érodé, sédiments non structurés ; d'une surface libre de toute compétition végétale active.

Ces exigences permettent de comprendre sa place dans la catena topographique (stations accidentées, zone d'alluvionnement intense) et sa position de pionnier dans l'origine du peuplement.

L'étude des facteurs de la germination faite au laboratoire a donné les résultats suivants :

TABLEAU N° II

Pré-traitements	Pourcentage de germinations	
	à 6 j.	à 12 j.
Sans traitement stockées à l'ombre	16	36
Feu sur diaspores en surface	1	3
Feu sur diaspores à moitié enterrées	4	6
Forte chaleur passagère 200° pendant 2 mn	0	0
Chaleur moyenne (60°) pendant 8 jours	14	22
Exposition au soleil (2 mois)	36	52
Action de l'humidité (atmosphère saturée pendant 8 j)	25	25
Suppression de l'arête	13	19
Dénudation totale	14	19

On peut en déduire que :

— le pouvoir germinatif est normal, ce qui assure la dispersion de l'espèce ;

— l'action des différents facteurs testés n'améliore pas le pouvoir germinatif ;

— l'action du feu est défavorable ;

— l'action du soleil semble indispensable à la maturation de la graine et cela est à rapprocher de la persistance de la diaspore sur les chaumes pendant toute la saison sèche ;

— la suppression des téguments qui est primordiale pour les espèces savaniques à grande extension (*Heteropogon*) ne donne aucun résultat sur *Aristida*, ce qui démontre l'absence d'inhibition tégumentaire, donc de protection.

B. Dispersion des graines

L'observation montre que, dans la nature, les diaspores demeurant très longtemps en place sur les chaumes sont dans des conditions d'ensoleillement maximal. De plus, on a remarqué que les germinations se produisent lorsque les pluies sont bien installées, dans un milieu saturé d'humidité et que l'arête reste attenante à la plantule. Ces caractères distinguent *Aristida* des espèces savaniques typiques. Ceci nous amène à dire que la plante, à son origine, appartient à des stations humides ou saturées où la constance du milieu permet des levées rapides.

On trouve, au pied des touffes de nombreuses germinations qui se développent dans la litière, les diaspores n'ont donc pas été disséminées très loin mais ont pu pénétrer à travers cette litière grâce à leur forme allongée et fine.

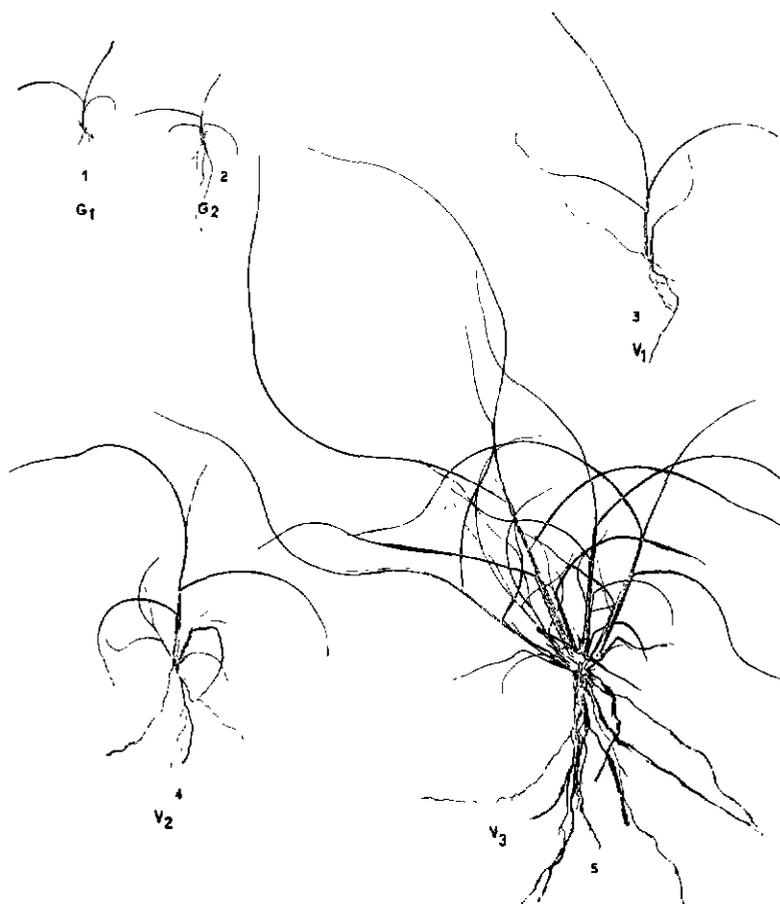
Sur les éboulis ou seuils rocheux, on a observé (planche 9) que les diaspores pouvaient s'insérer dans des fissures ou s'accrocher aux moindres aspérités sur des parois verticales. Dans ces conditions, elle pénètre facilement comme ci-dessus dans la litière, mais il semble que les arêtes jouent un rôle efficace dans l'accrochage.

Ces 2 observations montrent, sans qu'il y ait contradiction, qu'elle peut pousser aussi bien sur des sols protégés par une litière épaisse comme dans les sous-bois, et sur des sols nus ou remaniés.

Nous avons vu que les diaspores persistaient sur les chaumes pendant toute la saison sèche. Le feu, étant un facteur écologique habituel en savane, va consumer les plantes avant la saison des pluies. Les diaspores n'ayant aucune protection suffisante contre le feu et l'élévation de température qui est maximale à cette hauteur

PREMIERS STADES DE CROISSANCE
D'ARISTIDA RUFESCENS

Pl 9



Stade G 1 : 1 ou 2 feuilles en 8 j.

Stade G 2 : 2 à 3 feuilles en 10-15 j.

Stade V 1 : 4 à 5 feuilles.

Stades V 2 et V 3 : plus de 6 feuilles.

(1 m environ) seront détruites. Cela est une inadaptation aux conditions normales de la savane.

C. Longévité et croissance de la touffe

Mode d'implantation

A partir d'une germination, la touffe s'accroît par addition des talles apparues successivement et colonise les espaces libres.

Les stades de développement constatés sont les suivants pour des températures de saison chaude et une humidité constante (planche 9) :

- Stade G1, 1 ou 2 feuilles en 8 jours.
- Stade G2, 2 à 3 feuilles en 10-15 jours.
- Stade V1, 4 à 5 feuilles, durée non appréciée.
- Stades V2 et V3, au-delà de 6 feuilles, apparition dans l'année de germination.

Nous avons obtenu, en semis irrigué, des touffes à 5 talles en 2 mois 1/2 et à 27 talles au stade de montaison en 8 mois (planche photo n° 3).

Cette implantation est possible grâce à l'étendue du réseau racinaire, au fait que les racines principales sont très pénétrantes puisqu'on les a observées dans un bloc de granit en voie de décomposition, et à une adaptation au dessèchement brusque par l'existence d'un manchon protecteur. La jeune plante se maintient en dépit de l'érosion intense, et cela met en valeur le système d'accrochage des racines, leur rapide croissance pour atteindre le niveau minéralisé et l'enfoncement progressif du plateau de tallage avec 2 éventualités :

a) phénomène passif : augmentation du niveau du sol superficiel par l'arrêt des sédiments constitués par la litière ou les éléments fins de surface entraînés par le ruissellement ;

b) phénomène actif : tallage et expansion vers les zones plus riches, libres de toute compétition ou plus profondes lorsque le sol est décapé en surface.

L'extension en surface

Les grandes touffes (> 2 m) en principe les plus âgées, sont circulaires dans les conditions normales.

L'occupation du sol se fait donc d'une manière concentrique sans qu'il y ait déplacement ou

disparition de la partie centrale (individualité de chaque « pied »).

Il en résulte une très lente colonisation des plages voisines lorsque la végétation existante est en déséquilibre. Par son mode de tallage, *Aristida* n'est pas une espèce agressive dans la formation herbacée de savane.

Rénovation et durée d'une touffe

Toutes les innovations issues du plateau de tallage accomplissent un cycle végétatif complet. Ces départs nombreux laissent une masse lignifiée qui va s'accroître régulièrement pour former une véritable souche. Il y a donc addition des unités végétatives (talles superposées) et accumulation souterraine d'organes ligneux dont la longueur et la densité augmentent régulièrement pendant toute la vie de la touffe.

L'âge et la longévité de chaque touffe nous sont inconnues. Elle peut excéder 10 ans.

D. Mode d'occupation du terrain

1) *Au-dessus du sol : la verse*

Chez les graminées cespiteuses de savane, les innovations apparaissent à l'extérieur de la touffe et sont détruites chaque année : ceci a pour effet de libérer l'espace et de lever la dormance des bourgeons basilaires. La touffe s'étale, la partie centrale meurt, ce qui provoque la fragmentation en plusieurs touffes secondaires.

Il n'y a pas d'accumulation de matière végétale d'une année à l'autre à un endroit donné.

Dans le cas d'*Aristida*, les talles persistent et se ramifient pendant plusieurs années. Il n'y a pas d'espace libéré chaque année au niveau de la touffe. La régénération de celle-ci et la levée de dormance ne peuvent se faire que s'il se produit une élimination des chaumes les plus anciens.

En savane le feu peut supprimer ces chaumes, c'est un moyen accidentel. En l'absence de feu, il y a accumulation des talles vivantes qui sont produites sur toute la surface du plateau de tallage et essentiellement au centre. Leur développement n'est possible que si les chaumes anciens basculent vers l'extérieur et ouvrent ainsi la touffe : c'est le phénomène de la verse qui libère un espace utile au-dessus de chaque pied. Sur les pentes, il se produit naturellement par gravité ; sur les plateaux, il apparaît essen-

tiellement au début des pluies et l'imbibition en alourdissant les parties aériennes accélère le mouvement de bascule. Cela a pour conséquence une accumulation de chaumes morts sur le sol tout autour de la touffe. La richesse en lignine de cette matière végétale la rend difficilement putrescible. L'épaisseur de litière accumulée pendant plusieurs années et sa lente minéralisation étouffe et empêche le retour de toute végétation herbacée. C'est cet espace que nous avons appelé « la zone à *Aristida* » : celle-ci représente une auréole de protection de l'individu. Si les feux courants disparaissent, ce phénomène provoque l'extension et la création de peuplements monospécifiques fermés. Inversement, on a observé que dans les pâturages naturels fauchés tous les ans, en empêchant l'accumulation, la verse et donc la formation de la « zone à *Aristida* », cette espèce n'étendait pas son recouvrement.

La protection de la touffe est également réalisée par cette « zone » lorsque, dans les conditions habituelles de la savane, elle est brûlée épisodiquement.

En effet, la combustion des chaumes versés et accumulés sur le sol pendant plusieurs cycles provoque une très forte élévation de température ; toutes les semences déposées à ce niveau sont détruites et il y a formation d'un anneau de sol nu. Le feu réalise une suppression de la compétition à l'avantage de la plante géophyte dont les bourgeons sont enterrés et qui pourra coloniser la zone dénudée par ses rhizomes d'expansion.

2) Dans le sol : les rhizomes d'expansion (planche 4)

A l'accroissement par le tallage s'ajoute une expansion par des rhizomes qui réalisent une véritable prospection des horizons propices et avoisinants. Par leur vigueur de pousse et leur vitesse de croissance, ils constituent le pont jeté entre la touffe-mère et la (ou les) plage favorable. Dès que l'émergence de la talle principale est assurée, des ramifications se produisent et permettent l'occupation du terrain disponible. Deux cas sont à envisager :

— si le rejet apparaît à la périphérie de la touffe d'origine, on aura affaire à une extension de celle-ci,

— si le rejet se trouve assez loin de la touffe-mère (> 30 cm), il sera le point de départ d'un nouveau pied, antécédent d'une jeune touffe

qui entrera en compétition avec la végétation environnante et la touffe-mère.

La plupart du temps, un pied qui paraît isolé est en fait relié à un autre (touffe-mère) par le rhizome d'expansion qui lui a donné naissance. On peut rapprocher de ce comportement, la colonisation du sol par les stolons du *Chloris gayana* qui se développent lorsque la touffe-mère a exporté du sol tous les éléments nécessaires à sa croissance.

L'extension d'*Aristida* peut se faire à partir du tallage et du réensemencement mais ces moyens ne sont pas toujours efficaces ou suffisamment rapides pour la réaliser.

Par contre, il émet des rhizomes qui prospectent le sol en profondeur et peuvent attendre pour donner une nouvelle touffe qu'accidentellement une zone devienne favorable soit par remaniement du sol, soit par disparition de la compétition dans les couches superficielles. Ce mécanisme est très efficace pour la propagation de l'espèce et permet d'expliquer pourquoi, malgré une extension lente des individus, *Aristida* finit par former des peuplements denses et fermés.

Le fait que cette expansion se réalise toujours en profondeur donne à *Aristida* un avantage certain sur les espèces savaniques hémicryptophytes dont la présence est sans cesse remise en cause sous l'effet des facteurs écologiques agissant en surface. L'exploration permanente des couches profondes du sol lui permet de s'adapter à toutes les variations de niveau du sol et rend son éradication difficile.

Son expansion souterraine indépendante des contraintes écologiques externes est constante et en même temps définitive. Cela permet de comprendre pourquoi l'aire de l'*Aristida* s'accroît inéluctablement.

E. Levée de dormance et démarrage des innovations

Tous les bourgeons axillaires peuvent se développer pendant la même saison que le bourgeon terminal ou ultérieurement à celui-ci. La subordination sur l'axe principal ou sur les secondaires nous échappe encore. Nous pouvons dire seulement que la verse, l'écimage, le fauchage, la coupe au ras du sol, la destruction par le feu des talles développées stimulent le démarrage des bourgeons secondaires basiliaires. Il y a levée de dormance immédiate.

Des expériences sur le comportement d'*Aristida* ont été installées dans une de nos stations pour étudier le phénomène de la verse des talles et de la levée d'inhibition.

Les premières observations montrent que :

— la suppression de l'apex ou de la partie terminale du chaume par coupe ou pâturage lève l'inhibition des bourgeons axillaires subaltes et basilaires ;

— le piétinement de la touffe et le passage du port dressé au port couché par verse provoquée entraîne une reprise des innovations au centre de la touffe, région dépourvue de couverture ;

— le maintien des chaumes dressés par suppression de la verse bloque l'apparition des innovations et favorise, au contraire, la ramification aérienne par activité des bourgeons axillaires supérieurs.

Il est possible d'affirmer encore que :

— les repousses sont immédiates quelle que soit l'intervention ou quel que soit le traitement invoqué. Le feu stimule la croissance ;

— la vigueur de la repousse axillaire dépend de sa position sur la tige et de son éloignement du bourgeon apical.

Le réveil échelonné des bourgeons axillaires montre qu'il y a une hiérarchie entre ceux-ci du sommet vers la base ; cette corrélation est à rapprocher du comportement des ligneux.

Conclusion

L'étude de la biologie d'*Aristida rufescens* montre les caractéristiques suivantes :

— la dispersion de l'espèce est assurée par la production de semences à pouvoir germinatif assez élevé ;

— la morphologie des diaspores et leur taille leur assurent un accrochage ou une pénétration dans les supports dénudés ou recouverts de litières ;

— les diaspores persistent sur les chaumes pendant toute la saison sèche et seront mises au contact du sol lorsque l'humidité sera suffisante ;

— la graine germe immédiatement car elle n'est pas protégée par des téguments imperméables ;

— la colonisation racinaire rapide permet une implantation dans les milieux les plus

difficiles et assure une croissance prolongée en dehors des saisons des pluies ;

— l'accumulation des talles en provoquant la verse assure une limitation de la compétition inter-spécifique et l'extension du recouvrement de l'espèce ;

— l'accumulation des rhizomes constitue une souche souterraine et vivace qui assure la pérennité de l'individu et son éventuelle expansion.

— la multiplication végétative par rhizome est un mode d'occupation du sol efficace dans un milieu où les accidents de relief et les facteurs écologiques, dont le feu, limitent le développement à la surface du sol.

Aristida est une plante herbacée rhizomateuse à accroissement constant : c'est une géophyte fondamentalement vivace. Par sa ramification c'est une chamaephyte. Elle est caractérisée par l'accumulation continue sous le sol, lente et limitée en surface, de l'appareil végétatif. Elle a un comportement de ligneux, son implantation est définitive.

III. ÉCOLOGIE DE L'ESPÈCE (planche 10)

Elle peut être envisagée à plusieurs niveaux :

A. Sur le plan du domaine phytogéographique

On retrouve *Aristida rufescens* dans les domaines de l'Est, du Centre et de l'Ouest de Madagascar, tels que les définit PERRIER DE LA BATHIE. L'observation des données météorologiques et des diagrammes ombrothermiques de quelques stations échelonnées de l'Est à l'Ouest et du Nord au Sud permet de l'intégrer aux étages perhumide à hiver froid à chaud, humide à hiver froid à chaud, subhumide à hiver frais à chaud (climogramme pluviothermique d'Emberger).

Cette vaste aire de dispersion suppose de la part d'une espèce graminéenne endémique une grande plasticité biologique ou une multiplication de types écologiques en cours de différenciation.

B. Sur le plan de la Station

Dans la zone forestière, il occupe les parois rocheuses escarpées, les talus rajeunis, les éboulis récents. Il est partout où il y a diminution du couvert végétal et où apparaît une compétition



Planche 10. — Stations d'*Aristida rufescens*.

- Sur paroi de lavaka.
- Sur fissure de granite.
- Sur paroi de talus décapé.

pour l'eau. Dans les zones de savane, il colonise les pentes et les sols très compacts et dans le sédimentaire sa niche écologique est représentée par les buttes témoins où l'érosion décape fortement les horizons superficiels et empêche l'installation des savanicoles.

C. Sur le plan des sols

Les sols qui portent *Aristida* sont toujours acides et comprennent des sols ferrallitiques jaunes ou bruns, des sols peu évolués, des lithosols, des sols squelettiques, des sédiments mal ou pas structurés, des sols décapés et des sols bruns eutrophes, des sols organiques épuisés... C'est dire que ce végétal accepte tout un éventail pédologique qui exclut une préférence édaphique précise. *Aristida*, en effet, grâce à son profond développement racinaire entre en contact avec l'horizon de décomposition de la roche-mère où il puise les substances fondamentales. Tout rajeunissement du profil, tout ameublissement du sol, tout décapage qui supprime les horizons stérilisés produit un effet améliorant certain (3).

En conclusion de cet aperçu écologique, on peut dire que :

— *Aristida* tolère de grandes variations climatologiques et pluviométriques ;

— Sa présence est l'indication d'un sol dégradé par disparition des horizons superficiels ou l'existence d'un horizon compact plus ou moins impénétrable ;

— Son développement et son extension sont liés à la disparition du couvert végétal primaire ou secondaire.

L'existence de peuplements fermés et persistants entraîne une modification du couvert végétal (aspect de fourré) et des changements dans la structure du sol, sa teneur en matière organique, son bilan hydrique, ce qui provoque un enrichissement si la mise en défens contre les feux dure assez longtemps (une dizaine d'années).

Dans tous les cas, l'installation d'*Aristida rufescens* représente une étape dans l'évolution du peuplement (planches n^{os} 10 à 12).

IV. ASPECTS PHYTOSOCIOLOGIQUES

Sa fréquence et son recouvrement varient selon l'écologie et la compétition naturelle ou

l'influence d'un traitement particulier. Les tableaux établis au CRZF de Kianjasoa illustrent dans quel sens vont ces variations. Il est remarquable de constater que la dominance d'*Aristida* se manifeste dans le sous-bois d'Eucalyptus où la compétition est nulle au niveau du sol, dans le pâturage naturel dégradé et dans la parcelle en défens. Par contre, elle est éliminée ou réduite à l'état d'accompagnatrice dans les pâturages de savane maintenus en équilibre par le feu ou le fauchage.

La compréhension de son rôle dans l'association végétale nécessite que l'on fasse intervenir un facteur biotique déterminant, qui est le broutage sélectif du bétail. Dès le stade de la montaison, *Aristida* est délaissée par le zébu, ce qui lui permet d'« accumuler » une biomasse importante d'autant que la compétition est diminuée par le fait que les autres espèces de l'association, les savanicoles typiques, sont rasées sélectivement. Il y a d'une part réduction du recouvrement et de la vigueur des touffes surpâturées, et d'autre part mise en défens d'*Aristida*, ce qui favorise la verse et l'extension de la touffe. Dans certains cas de dégradation du pâturage, le piétinement du bétail accélère le déséquilibre et favorise *Aristida* en accentuant la verse et en éliminant les touffes des espèces savanicoles (6).

Si la pression des facteurs est continue, *Aristida* finit par demeurer seul. Il peut être considéré comme le stade ultime de la dégradation selon un schéma désormais classique.

D'un autre côté, dans une association végétale où elle n'est qu'une accompagnatrice banale, si l'on supprime le feu, on constate une évolution progressive rapide. L'étude a été effectuée en suivant l'évolution de la végétation et des sols sur une parcelle en défens contre les feux pendant 10 ans.

Les tableaux n^{os} IV et V montrent une augmentation considérable du recouvrement d'*Aristida* aux dépens des espèces savanicoles.

Lorsque son installation est assurée et si le nouvel équilibre introduit n'est pas perturbé, l'implantation d'*Aristida* est définitive et l'association ainsi créée avec *Imperata* (le plus souvent) devient fermée à tous les herbacés de savane. Il s'ensuit une quasi-disparition du pâturage naturel.

Par la suite, on assiste à l'apparition de ligneux dont le type biologique (microphanérophytes,

TABL. N° III-Fréquence des touffes d'*Aristida rufescens* et de ligneux pâturage naturel (C.R.Z.F. Kianjasoa). Pour 100 m².

F a c i è s	P l a t e a u						P e n t e	
	Savane à <i>Hyparrhenia</i> <i>Heteropogon</i> (1)	Savane à <i>Imperata</i> (2)	Savane à <i>Imperata</i> <i>Aristida</i> (2)	Savane en défens (3)	Savane à <i>Aristida</i> <i>Hyparrhenia</i> (2)	Savane défrichée et semis <i>Stylosanthes</i> <i>gracilis</i>	<i>Aristida</i> dominant pente forte	<i>Aristida</i> dominant pente moyenne et piétinement
<i>Aristida rufescens</i>	14 t.	5 t.	26 t.	6 t.	70 t.	5 t.	59 t.	71 t.
<i>Sarcobotrya strigosa</i> (légumin.)	-	-	-	8 p.	-	-	-	96 p.
Ligneux divers	-	1 p.	-	40 p.	-	-	1 p.	5 p.

t. = touffes; p. = pied.

(1) Savane maintenue en équilibre par les facteurs écologiques;

(2) Savane évoluant sous l'influence des facteurs biotiques;

(3) Evolution de la strate graminéenne terminée, début d'invasion par les ligneux.

TABL. N° IV-Recouvrement au sol. Savane de plateaux. Moyen-Ouest (C.R.Z.F. Kianjasoa).

	En défens Miarnarivo	Sous-bois eucalyptus Antsahabe	Aire de fauche Miarnarivo	Parcelle fauchée C.T.F.T.	Parcelle brûlée tous les ans C.T.F.T.	Parcelle brûlée accidentellement surpâturée Betenina	Parcelle brûlée accidentellement sous-pâturée Maitra
Sol nu	88,5	89	75,6	72	86,8	89,2	68,4
Litière	63,6	86	33,2	52	4	-	2,8
<i>Aristida</i>	3,9	5,4	-	2	-	9,6	-
<i>Imperata</i>	3,1	0,8	1,6	-	-	-	0,3
<i>Hyparrhenia</i>	1,1	3,79	8,8	6	2	1,6	6,8
<i>Heteropogon</i>	2,7	-	13,2	20	10,2	0,5	23,1
Divers	-	-	-	1	-	-	-

TABL. N° V-Recouvrement en couronne. Savane de plateaux. Moyen-Ouest (C.R.Z.F. Kianjasoa)

		En défens Miarnarivo	Sous-bois eucalyptus Antsahabe	Aire de fauche Miarnarivo	Parcelle brûlée accidentellement sous-pâturée Maitra
<i>Aristida</i>	Fr	21,7	72,9	0,8	2,4
	Cs	18,9	77,2	0,6	1,8
<i>Imperata</i>	Fr	61,6	6,5	8,8	1,2
	Cs	53,6	6,6	7,5	0,9
<i>Hyparrhenia</i>	Fr	12,6	11,8	64,4	63,2
	Cs	10,9	12,5	55,6	49
<i>Heteropogon</i>	Fr	13		39,2	59,6
	Cs	11,3		33,6	46,3
Divers	Fr	5,9	3,3	2,8	0,3
	Cs	5,7	3,5	2,4	0,2

Fr : Fréquence ; Cs : Contribution spécifique.

TABLEAU N° VI

Evolution du sol

d'après F. BOURGEAT

Savane brûlée périodiquement	Savane en défens contre les feux depuis 10 ans (<i>Aristida</i> et <i>Imperata</i>)
<i>De 0 à 12 cm</i> : horizon gris humifère ; structure grumeleuse grossière ; fort degré de structuration ; enracinement maximal ; porosité très élevée.	<i>De 0 à 15 cm</i> : horizon humifère gris, moyennement grumeleux à structure plus développée ; porosité exceptionnelle ; bon enracinement ; pas de concentration préférentielle des racines. Passage très progressif avec l'horizon suivant.
<i>De 12 à 27 cm</i> : horizon intermédiaire rouge avec traînées grises de matières organiques ; structure polyédrique, grossière, émoussée ; concrétions argileuses compactes ; <i>compacité forte</i> ; enracinement moyen ; agrégats non pénétrés par les racines. Limite festonnée.	<i>De 15 à 36 cm</i> : horizon polyédrique rouge avec traînées de matières organiques assez meubles ; moyennement <i>friable</i> ; porosité moyenne ; les racines pénètrent bien cet horizon ; compacité un peu marquée.
<i>De 27 à 50 cm</i> : horizon rouge ; structure polyédrique très émoussée ; <i>compacte</i> ; porosité très faible ; enracinement très faible.	Cet horizon est en train d'être colonisé par les racines et de s'ameublir. Devient <i>forestier</i> et concurrentiel pour les ligneux.
<i>De 50 à 120 cm</i> : horizon rouge très peu compact, très meuble, très friable, poreux, enracinement inférieur ou égal à celui de l'horizon précédent. <i>En-dessous de 120 cm</i> : horizon structural polyédrique très poreux ; quelques concrétions argileuses.	<i>De 36 à 120 cm</i> : horizon rouge très peu compact, très friable, très poreux très bon enracinement. <i>En-dessous de 120 cm</i> : horizon structural polyédrique.

nanophanérophytes) est adapté à la compétition avec les strates de végétation herbacée (buissons à port en boule).

L'apparition de tous les ligneux présents dans la région à partir des pieds présents qui sont des porte-graines montre bien que le stade de végétation herbacée est bloqué et que l'évolution ne peut se faire que dans le sens d'un reboisement et de la reconstitution d'un fourré clairsemé en attendant la formation d'une strate arborescente.

Conclusion

Nous devons placer *Aristida* au niveau des formations herbacées situées à la transition des formations climax et des formations graminéennes à grande extension. Occupant les espaces libres ou libérés de la concurrence végétale ligneuse ou herbacée, *Aristida* originaire de stations isolées et accidentées a étendu son aire et conquis une position dynamique fondamentale en créant un peuplement dense et fermé permettant le retour du climax forestier et en éliminant les espèces savanicoles.

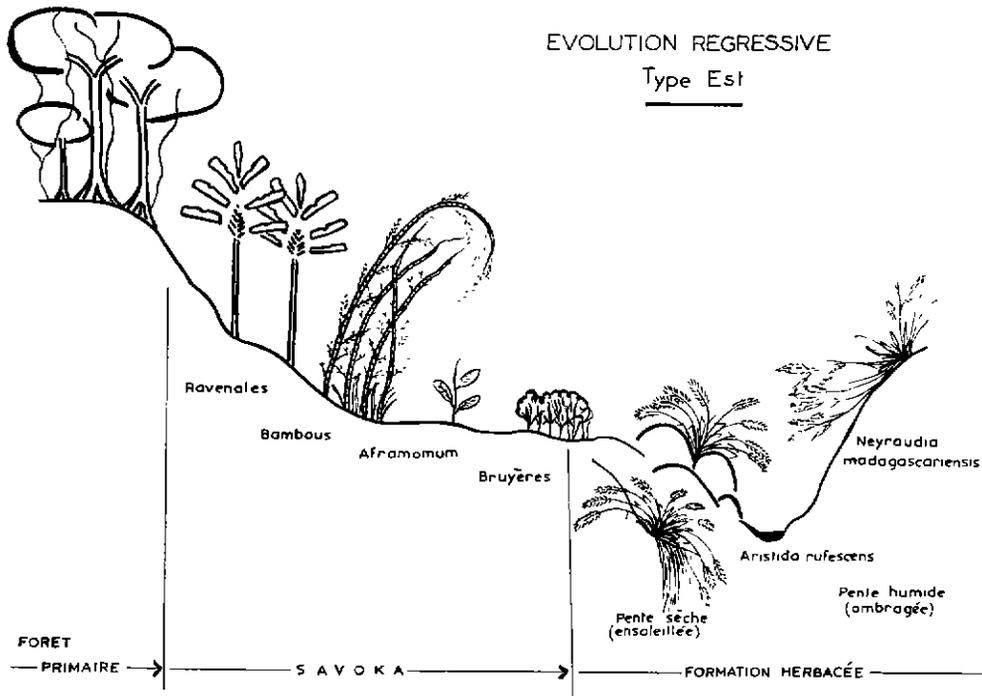
La savane à *Aristida* serait le 1^{er} stade de la lignification dans l'évolution progressive.

L'étude de l'évolution des sols (tabl. n° VI) semble bien confirmer ce retour à un milieu « forestier », avec la disparition des horizons compacts caractéristiques de la savane, la colonisation par les racines et l'enrichissement en matières organiques de l'ensemble du profil.

En conclusion, nous pouvons émettre l'hypothèse qu'*Aristida* n'est pas une espèce de savane, que dans une évolution régressive, elle retrouve une place qui est comparable à sa station originelle, et qu'en phase progressive elle n'est qu'un intermédiaire vers le retour au climax.

V. ASPECTS PHYTOGÉOGRAPHIQUES (planches 11-12)

Aristida rufescens est une espèce endémique à Madagascar. Or, d'après PERRIER DE LA BATHIE, l'endémisme concerne 89 p. 100 des espèces forestières, 94 p. 100 des ligneux et 93 p. 100 des espèces dont le transport des diaspores est nul.



Ensuite, si on suit la répartition d'*Aristida*, on voit que son aire n'est pas disjointe et on peut admettre une continuité que nous pensons d'origine et non acquise par la dispersion des diaspores non adaptées au biotope savanicole. Or, l'existence d'îlots forestiers témoins de la végétation climax et l'homogénéité du cortège floristique des forêts de plateaux portent à penser que la forêt recouvrait en un temps tous les terrains qui lui étaient favorables dans un pays au relief tourmenté et soumis à des grandes amplitudes climatiques.

Dans ce paysage botanique, *Aristida* devait occuper les espaces libres et ensoleillés tels que clairières, pentes dénudées, berges alluviales... comme une espèce ligneuse héliophile.

Adaptée à des habitats difficiles et réduits, elle ne possédait qu'une aire limitée, morcelée, confinée à des stations précises.

A partir du moment où le couvert forestier a été disjoint par une lente évolution progressive, l'aire d'*Aristida* a pu s'étendre sur des zones favorables à son installation où il n'y avait plus de concurrence de la part des sciaphytes.

Cette hypothèse se trouve corroborée par le fait qu'*Aristida* existe en peuplements denses en bordure de formations ligneuses ou à l'intérieur des forêts de l'Est, dans les zones où la

déforestation est récente, le plus souvent sur des sols ferrallitiques rajeunis ou décapés.

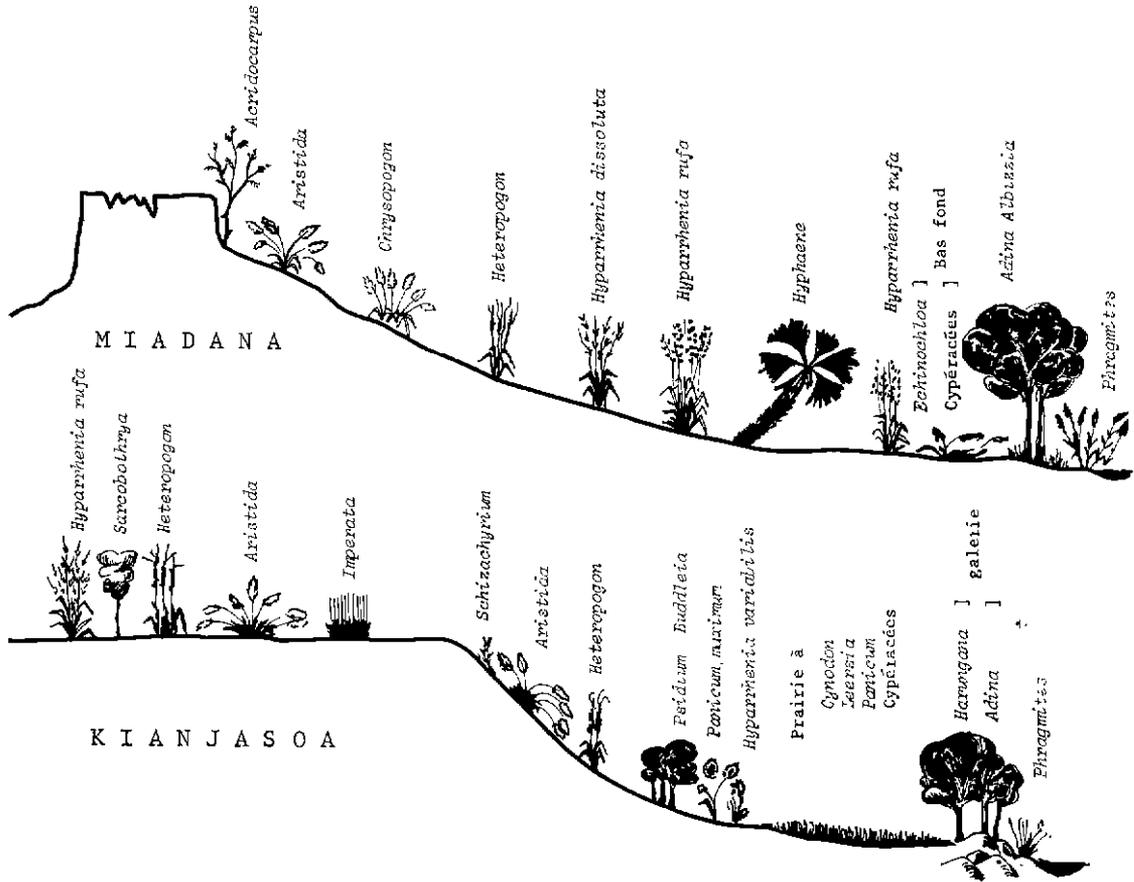
Aristida rufescens serait donc lié directement à tous les sols accidentés à texture argileuse et ferrallitique dont le climax est une forêt *semper virens*. Les limites de son habitat pourraient être édaphiques.

On peut dire, en définitive que sa biologie le rattacherait davantage aux éboulis et aux lisières forestières où il atteint son plein développement mais que son comportement de géophyte lui a permis de s'adapter aux conditions particulières des pyrophytes de savane.

L'extension de l'aire d'*Aristida* serait donc une conséquence directe de la disparition du ligneux et une reprise de l'évolution progressive, la plante étant considérée comme pionnière dans l'habitat habituel.

Dans la savane herbeuse, dont il fait désormais partie, il occupe une place croissante par suite de la dégradation régulière du faciès. Le peuplement en *Aristida* serait un fourré temporaire (avec comme associée « forestière » : *Imperata cylindrica*) une formation ligneuse rabougrie, 1^{re} étape d'un « reboisement » en ligneux.

Pourquoi *Aristida* « herbacé » cespiteux, issu



de la formation forestière, a-t-il pu prendre cette place phytogéographique ?

D'abord par ses qualités intrinsèques de plantes pionnières (besoins limités, réserves en eau, grand pouvoir de multiplication) et vraisemblablement par la production de types adaptés.

Ensuite à cause de l'absence de concurrence des ligneux endémiques ou étrangers. En effet, la rapidité de la dégradation de la forêt et les remaniements pédologiques n'ont pas favorisé la création d'écotypes à partir d'espèces endémiques.

Enfin par la nature du profil topographique et pédologique accidenté et rajeuni en permanence.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Conséquences pratiques

L'étude de la biologie de ces 2 graminées montre que ces espèces sont des « géophytes » fondamentalement vivaces. Elles n'ont pas une agressivité suffisante pour s'introduire dans les associations fermées comme une savane en équilibre. Par contre, elles sont très adaptées à la colonisation des sols grâce au grand développement de leur appareil souterrain et à leur prospection par leurs rhizomes d'expansion.

Ces adaptations à des stations d'origine très particulières leur ont permis de s'insérer dans les savanes secondaires lorsque sous l'influence de l'homme et du bétail la végétation en place

évoluait, dans un sens aussi bien régressif que progressif.

Lorsqu'un individu s'est implanté à partir d'une germination dans une association de savanicoles, il résiste aux effets du broutage sélectif, du feu, du piétinement et de la compétition interspécifique et, nous avons vu que la pression de ces facteurs en diminuant la vigueur des espèces de savane, accélérât l'extension et l'expansion des « géophytes ».

L'expérience montre que l'écimage des chaumes qui est réalisé soit par une coupe haute ou un sous-pâturage stimule le développement de l'appareil aérien par levée d'inhibition. Dans le cas d'*Aristida*, le piétinement a le même effet en provoquant la verse de la touffe.

On peut donc avancer que la sous-exploitation est la cause principale de l'évolution du pâturage, qui aboutit à la suppression progressive des espèces savanicoles fourragères par des « géophytes » et la réduction de la charge en bétail, ces dernières, trop ligneuses étant peu appréciées.

L'importance de la biomasse de l'appareil hypogé amène une amélioration du sol par la modification de la structure et l'enrichissement en matières organiques. Lorsque l'évolution est parvenue à la mise en place d'une formation fermée, sur le plan pratique, il y a disparition du pâturage proprement dit, mais d'autre part régénération lente des sols.

Si l'on veut maintenir le pâturage extensif, il faut considérer le problème sous 2 aspects différents :

1) Si l'on maintient le feu dans le mode d'exploitation, il est indispensable de pratiquer une rotation et d'accroître momentanément l'intensité du broutage sur certaines parcelles afin d'éviter l'effet de stimulation que provoque la sous-exploitation sur les géophytes.

La mise au repos à la fructification permet

aux savanicoles de se régénérer et aux germinations de coloniser les pages de sol nu.

2) Si l'on supprime le feu, il est nécessaire d'intervenir mécaniquement pour régulariser la strate herbacée mais non pas en utilisant le gyrobroyeur qui laisse un mulch et favorise les géophytes, mais la faucheuse qui permet l'enlèvement des litières (refus).

Le fauchage demandant des investissements importants en matériel ne peut être pratiqué en milieu paysan sur de grandes surfaces, aussi on a cherché à limiter l'expansion des espèces indésirables en introduisant une espèce agressive qui améliore la valeur alimentaire du pâturage tout en provoquant son évolution dans un sens favorable à la productivité de l'élevage. La réussite du *Stylosanthes gracilis* tient en partie au fait que son enracinement est plus profond que celui des géophytes et qu'en s'approvisionnant en eau toute l'année dans la nappe phréatique cette plante avait une croissance quasi continue.

L'étude de la biologie de ces 2 graminées montre que par leur mode d'enracinement et leur propagation sous le sol elles s'implantent définitivement, ce qui a des conséquences directes sur les modes d'exploitation des pâturages naturels.

Aux premiers stades de l'envahissement de la savane, il est possible de contrôler le déséquilibre en respectant certaines règles qui permettent de maintenir la compétition et de favoriser les espèces introduites. Lorsque l'on est parvenu au stade du réembroussaillage, l'évolution vers une formation fermée semble inéluctable et provoque alors une mutation de la vocation de la zone dans laquelle le pâturage extensif doit être abandonné. Le couvert végétal et les sols sont tellement modifiés qu'ils impliquent une modification de l'exploitation et l'adoption d'un mode d'intervention intensif.

SUMMARY

Botanical trend in rangelands. A study of the biology of two grasses : *Imperata cylindrica* (Linn.) and *Aristida rufescens* (Stend.)

A study of the biology of *Imperata cylindrica* and *Aristida rufescens* showed the importance of the root system and soil type in the growth of these grasses.

These species are of secondary importance in the range, but if the sward is underused (light grazing and no fire) they can become dominant. It had previously been thought that they were favored by overuse of the range.

Control of these species is important because their yield is low their palatability is of short duration, and especially because they modify the land use system in the areas they invade.

RESUMEN

**Evolución de los pastos. Estudio de la biología de dos gramíneas :
Imperata cylindrica (Linn.) y *Aristida rufescens* (Stend.)**

El estudio de la biología de *Imperata cylindrica* y *Aristida rufescens* permite evidenciar la importancia del aparato subterráneo y la influencia del factor edáfico sobre el desarrollo de dichas gramíneas.

En sabana, estas especies parecen secundarias pero en condiciones de submanejo (desmoche de los rastrojos y supresión de los fuegos), pueden llegar a ser dominantes mientras que se ha podido pensar que el sobrepasto las favorecían.

Es importante considerar la comprobación de su expansión porque su productividad es poco elevada, su apetecibilidad temporal y sobretodo porque modifican la vocación de las zonas que ocupan.

BIBLIOGRAPHIE

I. *Imperata*

1. CHEVALIER (A.). Sur l'origine des Campos brésiliens et sur le rôle des *Imperata* dans la substitution des savanes aux forêts tropicales. *C. R. Acad. Sci.* 1928 (juillet) : 387.
2. DEFFONTAINES (J. P.). Une méthode d'appréciation du système racinaire sous prairie. *Fourrages*, 1964 (19) : 91-96.
3. GRANIER (P.), CABANIS (Y.). Etude de la germination de quelques graminées de savane et de ses rapports avec leur répartition. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1974, 27 (3) : 363-369.
4. HEDIN (L.). Influence des racines sur la teneur de la matière organique du sol. *Fourrages*, 1972 (50) : 83-97.
5. HEDIN (S.), GRAS (R.), MONNIER (G.). Le profil cultural. 2^e éd., Paris, Masson, 1969.
6. JACQUARD. Rythmes annuels de croissance des graminées pérennes. Graminées et rythmes biologiques. Réunion, Paris, 1970. *Bull. signal. C. N. R. S.*, ser. 370, 1970, 32 : 4465.
7. LEBRUN (J.). Les formes biologiques dans la végétation tropicale. (Coll. Morph. Montpellier, 1965). *Mem. Soc. Bot. Fr.*, 1966 : 164-175.
8. RAMAM (S. S.). Root development in alluvial grasslands of Varanasi. *Indian Forester*, 1970, 96 (2) : 100-110.
9. RHODES (I.). Competition between herbage grasses. *Herb. Abstr.*, 1970, 40 (2) : 115.
10. STOBBS (T. H.). Animal production from *Hyparrhenia* grassland oversown with *Strylosanthes gracilis*. *E. Afr. agric. for. J.*, 1969, 35 (2) : 128-134.

II. *Aristida*

1. BOSSER (J.). Les pâturages naturels de Madagascar. Mémoires de l'I. R. S. M., série B, 1954.
2. BOSSER (J.). Graminées des pâturages naturels de Madagascar. Mémoire O. R. S. T. O. M., Paris, 1969, n° 35.
3. BOURGEAT (F.). Contribution à l'étude des sols sur socle ancien à Madagascar. Thèse O. R. S. T. O. M. Tananarive, 1970.
4. CHIPPINDALL (Lucy K. A.). The grasses and pastures of South Africa. Part I. Central News Agency, 771 p.
5. DELHAYE (R.) et collab. Etude de pâturages naturels à Madagascar en vue de l'aménagement des zones d'embouche pour bovins. Maisons-Alfort, I. E. M. V. T., 1968 (Etude agrostologique n° 25).
6. GRANIER (P.). Le rôle de l'élevage dans la dynamique des savanes à Madagascar. D. E. S. Faculté des Sciences, Tananarive, 1967.
7. GRANIER (P.), LAHORE (J.), DUBOIS (P.). Etude du pâturage naturel à Madagascar. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1968, 21 (2) : 203-217.
8. HENRARD. A monography of the genus *Aristida* Medederlingen Van's Rijks Herbarium Leiden. 2.
9. HUMBERT (H.). La végétation de Madagascar. Paris. L'encyclopédie coloniale et maritime : Madagascar, 1947, I : 47-62.

Addendum à : Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop., 1977, 30 (1) : 54, article de A. SARATSIOTIS :
 « Études sur les *Rhipicephalus* (Acariens, Ixodida) de l'Ouest africain ».

Capitulum, coxa, tarse

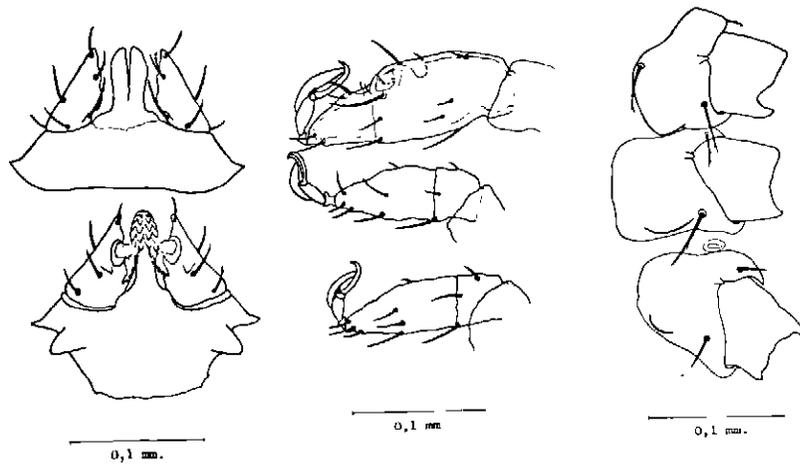


Fig. 1 bis. — *Rhipicephalus lunulatus* : larve.

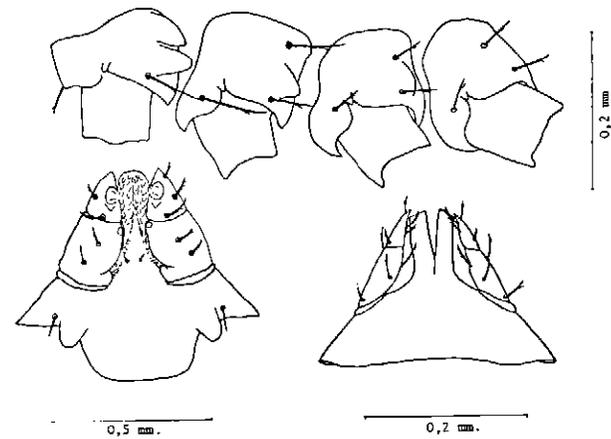


Fig. 2 bis. — *Rhipicephalus lunulatus* : nymphe.

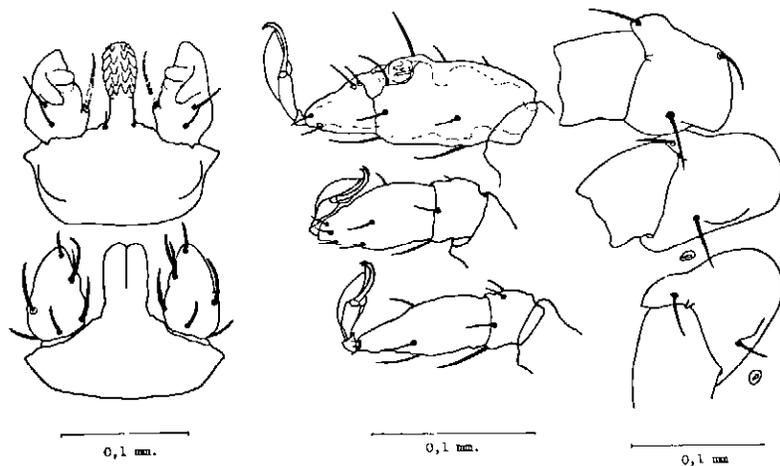


Fig. 3 bis. — *Rhipicephalus muhsamae* : larve.

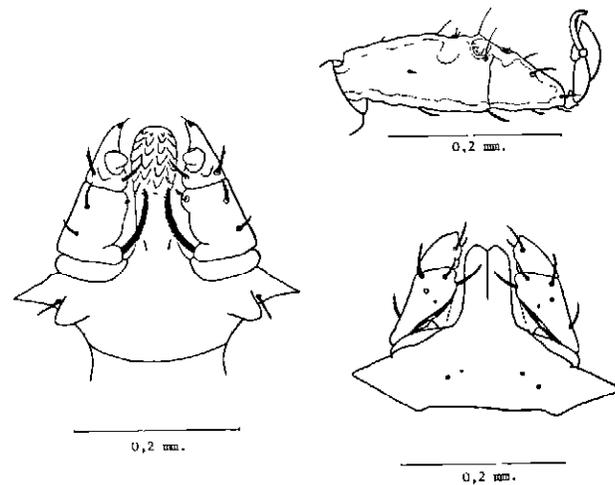


Fig. 4 bis. — *Rhipicephalus muhsamae* : nymphe.

Extraits-Analyses

Maladies à Virus

- 77-058 **CUTLIP (R. C.) et LAIRD (G. A.).** — Isolement et caractérisation du virus associé à la pneumonie progressive (Maedi) du mouton. (Isolation and characterization of a virus associated with progressive pneumonia (Maedi) of sheep). *Am. J. vet. Res.*, 1976, 37 (12) : 1377-1382.

L'examen au microscope électronique des poumons de 3 brebis atteintes d'une sévère pneumonie interstitielle n'a montré aucun virus. Le liquide de broyat de ces organes mis en contact (3 heures à 37 °C) avec des cultures de cellules pulmonaires d'embryon de mouton fit apparaître des syncytia respectivement aux 8^e, 48^e et 67^e jours après l'inoculation. Peu nombreux au début, leur nombre augmentait avec la multiplication des passages des cellules effectués tous les 7 jours. Ces syncytia ne persistaient que durant 12 à 24 heures après leur apparition puis devenaient rétractés, pycnotiques et se détachaient parfois de la couche cellulaire qui reprenait alors une apparence normale. Ces cellules multinucléées n'étaient retrouvées que 24 à 48 heures après le passage suivant. La reproduction du virus s'effectue par bourgeonnement à la surface des cellules infectées. On a trouvé de gros virions de 120 à 140 nm de diamètre, avec un centre clair et un pourtour lamellaire et de petits virions de 80 à 110 nm avec un noyau dense entouré d'une seule membrane.

- 77-059 **McNULTY (M. S.), PEARSON (G. R.), McFERRAN (J. B.), COLLINS (D. S.) et ALLAN (G. M.).** — Un agent ressemblant à un réovirus (rotavirus) associé à la diarrhée néonatale des porcelets. (A reovirus-like agent (rotavirus) associated with diarrhoea in neonatal pigs). *Vet. Microbiol.*, 1976, 1 (1) : 55-63.

Des particules ressemblant à celles d'un néovirus furent décelées au microscope électronique dans les fèces de porcs atteints de diarrhée. Des essais de passages multiples du virus sur des cultures de cellules rénales de porc ont échoué. L'utilisation d'un sérum anti-rotavirus bovin, dans la technique d'immunofluorescence, a montré l'existence d'une relation antigénique entre ce virus porcin et le rotavirus bovin. Des porcelets privés de colostrum furent sensibles à l'infection expérimentale avec apparition de la diarrhée, présence du virus dans les fèces durant au moins 7 jours après l'inoculation et multiplication virale dans les cellules épithéliales des villosités de l'intestin grêle.

- 77-060 **TAYLOR (W. P.) et McCAUSLAND (A.).** — Etude sur le virus de la bluetongue en Nigeria. (Studies with bluetongue virus in Nigeria). *Trop. anim. Hith Prod.*, 1976, 8 (3) : 169-173.

En utilisant un test de précipito-diffusion en milieu gélifié, les auteurs montrent que la bluetongue est très largement répandue en Nigeria et qu'elle infecte communément le bétail, les moutons et les chèvres.

Dans un troupeau laitier, ils ont pu observer des conversions sérologiques aussi bien pendant la saison sèche que pendant la saison pluvieuse ; ils posent le problème de la vaccination du bétail importé.

- 77-061 SUREAU (P.), RAVISSE (P.), GERMAIN (M.) et collab. — Isolement du virus thogoto à partir de tiques *Amblyomma* et *Boophilus* en Afrique centrale. *Bull. Soc. Path. exot.*, 1976, 69 (3) : 207.

Les vingt isollements de virus Thogoto obtenus à partir de tiques des genres *Amblyomma* et *Boophilus*, sont les premiers à indiquer la présence de ce virus au Cameroun et en République Centrafricaine. Avec les résultats précédemment publiés, il apparaît maintenant qu'en Afrique centrale *A. variegatum* a été trouvée infectée par quatre arbovirus : Dugbe, Jos, Thogoto et Bhanja (par ordre de fréquence décroissante) ; et que chacune des deux espèces de *Boophilus* : *B. decoloratus* et *B. annulatus* a été trouvée infectée par trois virus : Dugbe, Thogoto et Jos. Pour sa part, le virus Chf. Congo n'a été isolé en Afrique centrale (R. C. A.) que de l'espèce *Hyalomma nitidum* Schultz.

- 77-062 MOHAMED (Z. E.), HAFEZ (S. M.), OZAWA (Y.). — Etudes sur les méthodes de préparation de sérum hyperimmunisé contre la peste bovine chez les lapins. (Studies on the methods of preparation of rinderpest hyperimmune sera in rabbits). *Trop. Anim. Hlth. Prod.*, 1977, 9 (1) : 25-28.

La technique de préparation de tels sérums a été étudiée par comparaison de sérums obtenus à partir de lapins immunisés par 3 différents procédés d'inoculation.

Les meilleurs sérums pour les tests d'immunodiffusion ont été obtenus de lapins inoculés dans un premier temps avec du sérum hyperimmunisé et du virus lapinisé et ensuite avec du virus lapinisé mélangé avec un adjuvant huileux, 2 fois à une semaine d'intervalle. De tels lapins qui ont reçu 1 ou 2 injections additionnelles de virus lapinisé ont fourni un sérum satisfaisant pour le diagnostic de la peste bovine par technique de l'immunodiffusion.

Zoonoses

- 77-063 WULFF (H.), FABIYI (A.) et MONATH (T. P.). — Isolements récents du virus de Lassa à partir de rongeurs nigériens. (Recent isolations of Lassa virus from nigerian rodents). *Bull. Org. mond. Santé*, 1975, 52 (4-5-6) : 609-613. (Résumé).

Huit souches de virus de Lassa ont été isolées à partir des tissus et du sang de rongeurs appartenant à 3 espèces différentes : *Mastomys natalensis*, *Rattus rattus* et *Mus minutoides* (identifiées sur le terrain). Tous les rongeurs infectés avaient été capturés dans des habitations villageoises. Ces isollements indiquent la présence du virus de Lassa au Nigeria chez les rongeurs sauvages à un moment où aucune infection humaine n'était patente.

Des études antérieures faites en Sierra Leone avaient indiqué qu'une seule espèce de rongeur, *M. natalensis*, pouvait être le réservoir essentiel du virus de Lassa. Comme il ressort de la présente étude que d'autres espèces peuvent également être vectrices, il se pourrait que l'écologie du virus de Lassa soit plus complexe qu'on ne le supposait.

- 77-064 ARITA (I.) et HENDERSON (D. A.). — Virus monkeypox et whitepox en Afrique Occidentale et Centrale. (Monkeypox and whitepox viruses in West and Central Africa). *Bull. Org. mond. Santé*, 1976, 53 (4) : 347-353.

Au cours de la période 1970-1975, 20 cas de maladie ressemblant à la variole ont été décelés dans des zones exemptes de variole de la forêt ombrophile tropicale de Sierra Leone, Libéria, Côte-d'Ivoire, Nigeria et Zaïre. Les recherches épidémiologiques et virologiques ont révélé que cette maladie était due à un poxvirus animal dit « monkeypox » qui appartient au groupe Orthopoxvirus. Dans 2 cas seulement des adultes ont été frappés, tous les autres s'étant produits parmi des enfants non vaccinés dont 4 sont décédés. Les 20 cas étaient répartis dans 15 villages (à raison d'un cas unique dans 11 d'entre eux, de deux cas par village dans 3 autres et d'une poussée de 3 cas dans le dernier).

En ce qui concerne les 4 villages où plusieurs cas se sont produits, dans 2 la maladie s'est déclarée chez le second cas 9 à 10 jours après le premier, ce qui peut correspondre à une transmission d'homme à homme ; dans les deux derniers, les malades ont présenté la maladie simultanément. Il y a eu 30 personnes non vaccinées en contact étroit avec les 20 cas ; parmi elles, 2 seulement ont contracté la maladie. Celle-ci se propage donc difficilement parmi les contacts sensibles. D'autres enquêtes spéciales effectuées dans 4 zones 5 ans après la survenue des atteintes humaines à monkeypoxvirus n'ont pas permis de déceler d'autres cas.

Maladies bactériennes

- 77-065 LEFEVRE (P. C.), DOMENECH (J.). — Note sur les conséquences pratiques de la lyophilisation des spores de *Bacillus anthracis*. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1977, 30 (2) : 135-139.

Des essais de lyophilisation des spores de *Bacillus anthracis* (souche Sterne) ont montré que le pourcentage de spores revivifiables dépend des milieux de lyophilisation utilisés : le lait écrémé et le milieu de Weybridge sont d'excellents protecteurs contrairement au milieu à la néopeptone.

En outre, les spores lyophilisées sont « fragilisées » et le pourcentage de spores après reconstitution dépend du diluant : le sérum physiologique n'a aucune action nocive à l'inverse de la solution molaire de sulfate de magnésium qui détruit 50 p. 100 des spores.

- 77-066 DOMENECH (J.). — Enquête sérologique sur la brucellose du dromadaire en Ethiopie. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1977, 30 (2) : 141-142.

Une enquête sérologique sur la brucellose du dromadaire en Ethiopie montre un pourcentage de sérums positifs égal à 4,4 p. 100 si on prend un seuil de 30 UI par ml, ou de 0,9 p. 100 au seuil de 100 UI par ml.

Mycoplasmoses

- 77-067 DOUTRE (M. P.), TOURE (B.). — Sérologie de la péripneumonie. Utilisation du matériel « Microtiter » dans une microréaction de fixation du complément selon la méthode de Kolmer. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1977, 30 (2) : 143-148.

Le matériel « Microtiter » est employé dans la réalisation d'une microréaction de fixation du complément. Les différents temps de la méthode font l'objet d'une description détaillée.

Cette microtechnique, sensible et fidèle, très standardisée, d'exécution rapide et aisée, permet de traiter un nombre important de sérums en utilisant de petites quantités de réactifs. Son utilisation est néanmoins limitée au cadre d'un laboratoire normalement équipé.

- 77-068 KALINER (G.), MACOWAN (K. J.). — Anatomie pathologique après pleuropneumonie contagieuse expérimentale et naturelle chez des chèvres au Kenya. (The pathology of experimental and natural contagious caprine pleuropneumonia in Kenya). *Zbl. vet. Med. B*, 1976, 23 : 652-661.

Des cas de pleuropneumonie contagieuse expérimentale avec six souches de mycoplasmes ont été examinés chez des chèvres et les lésions ont été comparées avec celles d'une infection naturelle.

Les lésions pulmonaires ont montré une pleuropneumonie fibrineuse en foyers avec des atteintes plus ou moins prononcées du tissu interstitiel.

La différence entre les lésions d'une infection naturelle et des infections par contact avec la souche G 69 a été peu marquée. Les 2 souches de mycoplasmes F 30 et Vom ne se sont révélées pathogènes qu'après inoculation. Dans ce cas, contrairement aux observations faites après une infection naturelle, le tissu conjonctif interlobulaire et péribronchique a été plus atteint que l'intralobulaire. Les souches PG₃, N 108 et *Mycoplasma mycoides*, subsp. *mycoides* (Gladysdale) n'ont provoqué aucune pleuropneumonie.

77-069 OJO (M. O.). — Pneumonie des caprins en Nigeria. II. Caractérisation biochimique et identification sérologique des mycoplasmes. (Caprine pneumonia. II. Biochemical characterization and serological identification of mycoplasmas). *Trop. anim. Hlth Prod.*, 1976, 8 (3) : 137-146.

L'auteur a identifié 30 souches de mycoplasmes isolées à partir de lésions pulmonaires des chèvres.

Il a pu en distinguer 3 groupes (A, B, C) :

A : 18 souches hydrolysent le glucose, le mannose, digèrent le sérum coagulé et réduisent le tétrazolium ; elles sont identifiées à une sous-espèce de *Mycoplasma mycoides*.

B : 10 souches réduisent le tétrazolium, forment des « films et spots » et possèdent une phosphatase ; bien que leur identification définitive n'ait pu être obtenue, elles sont provisoirement rattachées à l'espèce *Mycoplasma agalactiae*.

C : 2 souches hydrolysent l'arginine et sont identifiées à *Mycoplasma arginini*.

Rickettsiose

77-070 ILEMOBADE (A. A.), LEEFLANG (P.). — Epidémiologie de la Heartwater au Nigeria. (Epidemiology of heartwater in Nigeria.) *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1977, 30 (2) : 149-155.

Des études épidémiologiques et essais au laboratoire ont montré qu'*Amblyomma variegatum* est un vecteur de *Cowdria ruminantium*, organisme causal de la cowdriose au Nigeria.

L'infection initiale des tiques était réalisée en inoculant des larves et des nymphes d'*A. variegatum*. La transmission trans-stadiale du parasite a toujours réussi ; par contre, une transmission transovariale n'a pu être démontrée.

Bien qu'au laboratoire aucune différence n'ait été observée entre nymphes mâles et femelles quant à leur capacité relative de transmettre *C. ruminantium*, les résultats des études sur le terrain ont suggéré que, dans la nature, les femelles jouent un rôle plus important dans la transmission du pathogène que les autres stades.

Il a été démontré qu'une seule femelle d'*A. variegatum* est capable de transmettre l'infection ; les tiques mâles peuvent également transmettre le parasite, mais ils le font moins régulièrement que les femelles.

A propos d'une épidémie survenue dans un centre de recherches, le rôle que certains animaux, autres que les tiques, pourraient avoir joué dans l'épidémiologie de la cowdriose, a été discuté. Dans ce cas particulier, certains rongeurs pourraient avoir servi de réservoir d'infection.

Maladies à Protozoaires

77-071 YOUNG (A. S.), BURRIDGE (M.), PAYNE (R. C.). — Transmission de *Theileria* sp. à des bovins par l'intermédiaire d'*Amblyomma cohaerens* Donitz 1909. (Transmission of a *Theileria* species to cattle by the ixodid tick, *Amblyomma cohaerens* Donitz 1909). *Trop. Anim. Hlth Prod.*, 1977, 9 (1) : 37-45.

Une theilerie a pu être transmise à un jeune bovin par des nymphes d'*Amblyomma cohaerens* recueillies chez des buffles (*Syncerus caffer*) de la région de Mara au Kenya. Des macroschizontes ont été isolés dans les ganglions 12 jours après les piqûres de tiques et, par la suite, on les retrouve, mais en petit nombre, pendant 3 jours.

Les macroschizontes, volumineux et renfermant de nombreux noyaux, diffèrent des autres schizontes de Theileries décrits antérieurement chez des bovins d'Afrique du Sud et d'Afrique de l'Est. Ils ressemblent aux macroschizontes de *T. barnetti* Brocklesby, 1965 du buffle provenant également de la région de Mara.

Des piroplasmes qu'il est impossible de différencier de *T. mutans* ont été trouvés dans le sang du bouvillon 61 jours après la piqûre des tiques. En utilisant un test d'immunofluorescence indirecte avec un antigène à base de *T. mutans* (Aitong) seule, on observe une montée significative du taux d'anticorps.

Le parasite ne semble pas pathogène et peut être transmis par injection de sang périphérique à un veau préalablement splénectomisé.

Bien que le parasite ait des affinités certaines à l'égard de *T. barnetti* et de *T. mutans* (Aitong), son identité exacte ne peut être précisée et d'autres essais de transmission expérimentale s'avèrent nécessaires.

77-072 CORRIER (D. E.), GUZMAN (S.). — Infestation naturelle des veaux par *Anaplasma* et *Babesia* dans une région contaminée de Colombie. (The effect of natural exposure to *Anaplasma* and *Babesia* infections on native calves in an endemic area of Columbia). *Trop. Anim. Hlth Prod.*, 1977, 9 : 47-51.

L'âge auquel les veaux locaux sont infestés par *Anaplasma marginale* et *Babesia bigemina* et l'anémie que ces parasites provoquent ont été déterminés par l'examen bihebdomadaire de veaux nouveau-nés élevés dans 4 ranches de la Côte Nord de la Colombie où l'anaplasmose et la babésiose sont endémiques.

L'infestation se produit entre 4 et 24 semaines dans le cas d'*Anaplasma marginale*, entre 2 et 34 semaines dans le cas de *Babesia bigemina* et, en moyenne, pour les 2 parasites, 11 semaines après la naissance.

On observe une diminution du nombre d'hématies aussitôt après l'infestation, diminution qui disparaît 4 semaines plus tard. La plupart des veaux guérissent sans séquelles apparentes.

Des signes cliniques discrets et la guérison rapide des animaux atteints laissent planer un doute sur la nécessité d'une immunisation préventive des veaux nouveau-nés.

77-073 SHANNON (D.). — Cas d'East Coast Fever chez du bétail amélioré en Ouganda. (Field cases of east coast fever in grade cattle in Uganda). *Trop. Anim. Hlth Prod.*, 1977, 9 (1) : 29-35.

Sur 81 bovins suspectés d'être infestés par l'East Coast Fever, 66 se sont révélés après examen microscopique être porteurs du parasite et le sort de 65 d'entre eux a pu être connu, 45 sont morts ou ont été abattus, et 20 récupérés. Aucune différence significative dans la mortalité par rapport à l'âge ou au degré d'amélioration n'a pu être mise en évidence. L'incidence de certains signes cliniques chez les 2 groupes a été comparée, les différences se sont surtout manifestées au niveau des températures rectales et par des modifications de la vascularisation des membranes muqueuses visibles.

Le grossissement des ganglions lymphatiques superficiels a été le signe clinique le plus commun, le ganglion pré-scapulaire étant le plus régulièrement atteint. Les traitements chimiques essayés sont restés inefficaces. Parmi les 20 animaux qui ont survécu, quelques-uns ont été sévèrement malades alors que d'autres présentaient des symptômes très atténués.

Trypanosomoses

77-074 TOURE (S. M.). — La trypanotolérance. Revue de connaissances. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1977, 30 (2) : 157-174.

Cette synthèse de connaissances sur la trypanotolérance étudie d'abord la zootechnie du bétail trypanotolérant : noyaux actuels d'élevage, caractéristiques morphologiques, productivité. Sont aussi pris en considération, dans un but de comparaison, les animaux issus de croisements entre les taurins trypanotolérants et des zébus ou des races non africaines. Des données se rapportant aux bases biologiques de la trypanotolérance occupent une partie importante de l'exposé et assez souvent

il est fait référence à des résultats expérimentaux qui mettent en évidence une bonne résistance des taurins africains. Cette résistance n'est pas absolue et l'incidence de maladies autres que les trypanosomioses a des effets fâcheux sur le bétail trypanotolérant. Bien qu'il traite surtout des bovins, quelques notes ont trait à la trypanotolérance chez d'autres animaux. Les bases biologiques de la trypanotolérance sont complexes et mal définies, mais vraisemblablement des facteurs génétiques contrôlent des aptitudes immunologiques, pleinement manifestées par des animaux bien entretenus dans un milieu infesté de tsé-tsé.

- 77-075 **WIESENHÜTTER (E.)**. — Recherches sur l'importance relative des tabanidés (Diptères) dans la transmission mécanique des maladies. IV. Contribution à l'épidémiologie des trypanosomoses bovines. (Research into the relative importance of tabanidae (diptera) in mechanical disease transmission. IV. A contribution to the epidemiology of bovine trypanosomiasis in Africa.) *Trop. anim. Hlth Prod.*, 1976, **8** (4) : 195-201.

L'incidence des trypanosomoses a été étudiée chez un troupeau laitier près de Dar-es-Salaam pendant 4 mois. La densité apparente des glossines et l'importance des diverses espèces de Tabanidés a été mesurée.

Il n'y a aucune corrélation statistique entre l'incidence de la maladie et l'importance saisonnière des Tabanidés. Comme l'anaplasmose était concurremment transmise par *Tabanus taeniola* dans ce troupeau à une échelle économiquement significative et, comme il y avait également une importante atteinte de *Trypanosoma vivax* il en a été malgré tout déduit que les trypanosomes n'étaient transmis par les Tabanidés qu'à une échelle insignifiante. Le seul résultat mesurable de cette transmission mécanique a été un changement dans le rapport entre *T. vivax* et *T. congolense* en faveur de *T. vivax* (69 p. 100 des infections).

- 77-076 **POUPIN (F.), CAILLIEZ (M.), PETITHORY (J. C.) et SAVEL (J.)**. — Les possibilités de l'électrosynérèse dans le diagnostic des trypanosomoses africaines. *Bull. Soc. Path. exot.*, 1976, **69** (1) : 76-83.

Des sérums de lapins infestés à partir de diverses souches de trypanosomes et les sérums de 50 sommeilleux ont fait l'objet d'une étude immunologique comparée à l'aide des deux méthodes d'immunoprécipitation en milieu gélifié (Ouchterlony) et d'électrosynérèse.

Cette dernière technique, dont les conditions opératoires sont décrites, s'avère être une méthode d'exécution plus rapide et d'une sensibilité plus grande en vue de la détection des anticorps précipitants au cours des trypanosomoses.

- 77-077 **KAGERUKA (P.), COLAERT (J.), NGIMBI NKUKU-PELA**. — Isolement d'une souche de *Trypanosoma (Trypanozoon) brucei* à partir de porcs au Bas-Zaïre. (Strain of *Trypanosoma (Trypanozoon) brucei* isolated from pigs in Bas-Zaïre). *Annls Soc. belge Méd. trop.*, 1977, **57** (2) : 85-88.

Une étude épidémiologique sur la trypanosomiase humaine et animale a été faite à Kolo (Bas-Zaïre) entre mai et septembre 1975. Les auteurs présentent les résultats de l'incidence de cette maladie durant cette période. Ils décrivent l'isolement d'une souche polymorphe du sous-genre *Trypanozoon*. Ils discutent le rôle que les animaux, plus particulièrement le porc, peuvent jouer comme réservoir de *T. b. gambiense*.

Parasitologie

- 77-078 **OKON (E. D.), ENYENIHI (U. K.)**. — Développement et survie d'*Haemonchus contortus* dans les pâturages d'Ibadan. (Development and survival of *Haemonchus contortus* larvae on pastures in Ibadan.) *Trop. Anim. Hlth. Prod.*, 1977, **9** (1) : 7-10.

Le développement et la survie d'*Haemonchus contortus* dans les pâturages d'Ibadan ont été étudiés en répandant des fèces contenant des œufs sur des parcelles d'herbe, d'octobre 1973 à octobre 1974. La transformation des œufs en larves infestantes a eu lieu durant une semaine en mai, juin, juillet, septembre et octobre. Les

larves n'ont pas été trouvées durant les autres mois. Leur survie a été de 28, 42, 42, 35, 63 et 49 jours respectivement en octobre 1973, mai, juin, juillet, septembre et octobre 1974.

Les pluies sont le principal facteur épidémiologique influençant le développement et la survie des larves infestantes. Le développement des œufs en larves intervient lorsque la moyenne des pluies journalières s'élève à 3 mm ou plus dans les 7 jours précédents. La survie des larves semble être prolongée lorsque la pluie tombe également pendant la période où les larves sont sur la végétation.

- 77-079 POINTIER (J. P.), DELPLANQUE (A.). — Les prédateurs de *Biomphalaria glabrata* (Say, 1818) Mollusque vecteur de la schistosomose en Guadeloupe (Antilles Françaises). *Bull. Soc. Sci. vét. Méd. comp. Lyon*, 1976, 78 (6) : 319-331.

Les ennemis naturels (prédateurs et compétiteurs) de *Biomphalaria glabrata* ont été étudiés en Guadeloupe. Une liste a été établie qui comprend des organismes de presque tous les groupes zoologiques : Insectes, Hirudinae, Crustacés, Poissons, Oiseaux et Mammifères. Un insecte *Belostoma boscii* et une sangsue, *Helobdella punctatolineata* se sont révélés de très efficaces prédateurs de *B. glabrata* et leur capacité prédatrice ainsi que leur biologie ont été étudiées dans les conditions du laboratoire.

- 77-080 LANCASTRE (F.), DEROUIN (F.), BARRIÈRE (L.) et GOLVAN (Y. J.). — Schistosomose expérimentale. II. Infestation de *Biomphalaria glabrata* par deux miracidiums de *Schistosoma mansoni*. *Annls Parasit. hum. comp.*, 1976, 51 (2) : 227-239.

L'infestation individuelle de 4 groupes de *B. glabrata* par 2 miracidiums de *S. mansoni* introduits soit simultanément, soit avec un intervalle de 3, 7 et 16 jours, a permis aux auteurs de faire les constatations suivantes :

- 1) un faible pourcentage de positivité (31 à 41 p. 100) par rapport aux infestations habituelles par 6 à 10 miracidiums ;
- 2) un étalement des dates des premières émissions cercariennes, augmentant parallèlement au délai séparant les 2 infestations ;
- 3) de fortes émissions de cercaires chez les Planorbes réinfestés après 3 et 7 jours ; et de faibles émissions chez ceux infestés simultanément, ou avec un délai de 16 jours entre les 2 infestations ;
- 4) l'existence d'un rythme interne des émissions de cercaires, avec pour les plus fortes émissions une périodicité de 3 semaines environ.

Ces divers phénomènes sont vraisemblablement dus à des compétitions entre les sporocystes issus des 2 miracidiums.

D'autre part, l'infestation n'a entraîné de réduction évidente de la fécondité chez les Planorbes positifs qu'à partir des émissions de cercaires, la période pré-patente semblant au contraire caractérisée par une fécondité normale, sinon augmentée, des Mollusques parasités.

- 77-081 BAIN (O.), BUSSIÉRAS (J.), AMEGÉE (E.). — Complément à l'étude de deux *Onchocercques* de bovins africains. *Annls. Parasit. hum. comp.*, 1976, 51 (4) : 461-471.

Mise en synonymie d'*O. dermati* Bain, Bussiéras et Amégée, 1974, avec *O. ochengi* Bwagamoi, 1969. Compléments à la description d'*O. ochengi* et *O. dukei* Bain, Bussiéras et Amégée.

- 77-082 SHOHO (C.). — Notes sur les Sétaires d'Equidés : Description de *Setaria equina theilerae* n. sub. sp. des zèbres et de *Setaria equina dafaallai* n. sub. sp. des chevaux et des ânes du Sud du Sahara. *Annls Parasit.*, 1976, 51 (5) : 589-599.

Les Sétaires d'Equidés comprennent :

- 1) *Setaria equina* d'Eurasie, connu en Amérique et dans la zone paléarctique de l'Afrique du Nord.
- 2) *Setaria equina theilerae* n. sub. sp. du Zèbre en Afrique.
- 3) *Setaria equina dafaallai* n. sub. sp. du Cheval et de l'Âne au Sud du Sahara, depuis la vallée du Nil jusqu'à la Côte Ouest.
- 4) L'hybridation entre *S. equina* et *S. e. theilerae* paraît être possible.

- 77-083 SHOHO (C.). — Etude des Sétaires parasites de *Bubalus bubalis* du Sud-Est asiatique et de *Syncerus caffer* d'Afrique orientale et centrale. *Annl. Parasit.*, 1976, 51 (5) : 577-588.

Setaria leichungwingi Chen, 1937 (stat. nov.), parasite de *Bubalus bubalis* en Asie, est proche de *S. labiatopapillosa*, mais s'en distingue par l'anneau chitinoïde péribuccal.

Setaria nelsoni n. sp. parasite de *Syncerus caffer* en Afrique, a été jusqu'à présent confondue avec *S. labiatopapillosa* dont elle se sépare par la forme de son anneau péribuccal (proche de celui de *S. leichungwingi*) et par une spécificité parasitaire stricte. Elle s'éloigne de *S. leichungwingi* par la présence d'épines supplémentaires sur l'anneau péribuccal et le nombre moins élevé d'épines caudales de la femelle.

Un tableau récapitulatif de détermination des Sétaires du Buffle et du Bœuf dans les régions comprises entre l'Inde et l'Europe est donné. Dans cette zone, la Sétaire de *Bubalus* est proche, mais différente de *S. labiatopapillosa*.

Entomologie

- 77-084 HARGROVE (J. W.). — Métabolisme des acides aminés au cours du vol des mouches tsé-tsé. (Amino acid metabolism during flight in tsetse flies). *J. insect. Physiol.*, 1976, 22 (2) : 309-313.

Des expériences effectuées sur des *Glossina pallidipes* ténères montrent que le vol peut se poursuivre pendant au moins 4 à 7 mn après que les réserves en proline du thorax soient tombées à un très bas niveau, ce qui permet de supposer qu'une autre source d'énergie est disponible. Un travail antérieur suggère que l'alanine formée au cours du vol est transférée du thorax à l'abdomen où la proline est resynthétisée. Des injections expérimentales d'alanine ¹⁴C confirment que le mécanisme de transfert a bien lieu, qu'il est accru par le vol et que l'alanine est plus rapidement incorporée au glutamate et à la proline dans l'abdomen que dans le thorax. De l'analyse d'un travail déjà publié, il ressort que les acides aminés résiduels du repas sanguin interviennent de façon évidente dans ce processus dès les premières phases du vol ; on suppose qu'ils sont importants pour sa continuation.

Une diminution de l'azote aminé au cours des premières phases du vol est en accord avec l'activité du glutamate déshydrogénase au même moment. Les faibles durées de vol chez les mouches ténères peuvent s'expliquer par les faibles quantités de proline et par l'absence de repas sanguin résiduel.

Des consommations énergétiques très élevées ont été notées ; elles paraissent être en rapport avec la musculature particulièrement développée indispensable au comportement de cet insecte hématophage et vivipare.

Anatomie

- 77-085 CUQ (P.), VAN CRAEYNEST (P.). — Les formations cavitaires ciliées de la *Pars distalis* de l'adéno-hypophyse du zébu *Bos indicus*. *Rec. Méd. vét.*, 1977, 153 (3) : 195-200.

Les formations cavitaires ciliées sont des constituants normaux mais non constants de l'adénohypophyse du zébu adulte. Elles se localisent dans la moitié aborale de la portion supérieure de la région ventrale de la *Pars distalis*, surtout aux deux extrémités orale et nuchale de cette zone.

Morphologiquement, les formations cavitaires ciliées constituent dans l'espace 1 ou 2 réseaux tubolo-alvéolaires indépendants de la cavité hypophysaire et de son évagination rostrale lorsqu'elle existe.

Elles sont limitées par un épithélium simple, cylindrique et cilié, au sein duquel on peut identifier de place en place des cellules mucipares et des cellules glandulaires de l'adénohypophyse. La cavité des formations ciliées est remplie d'une substance colloïde identique à celle qui occupe la cavité hypophysaire et aux gouttes et plaques libres de la *Pars distalis*.

Les observations effectuées chez le zébu sont comparées à celles qui ont été faites dans d'autres espèces. L'origine de ces formations est enfin discutée.

Zootechnie

77-086 GABRIEL (F.), RICHARD (G.). — Intérêt de l'application d'une méthode de gestion technique aux élevages laitiers des Antilles françaises. *Nouv. agron. Antilles-Guyane*, 1975, 1 (3) : 213-228.

La mise en application sur un troupeau laitier de près de 150 vaches d'une méthode de gestion technique définie par Delcure et Ergon, a permis, en 4 ans, d'obtenir ou d'observer un certain nombre de résultats intéressants :

1) La moyenne économique ou production par vache présente et par an a augmenté d'environ 40 p. 100 entre 1970 et 1973, la moitié de cette augmentation est imputable à une diminution des intervalles entre vêlages et, par suite, à une diminution des jours improductifs.

2) La production laitière varie au cours de l'année : elle est minimale entre juillet et octobre. La répartition des vêlages au cours de l'année ainsi qu'une diminution de la valeur alimentaire des fourrages à cette époque (CHENOST, 1973) peuvent expliquer ces variations.

3) La consommation d'aliments concentrés se rapproche de celle observée à Porto-Rico, à savoir 1 livre de concentrés (0,450 kg) par quart (1,136 l) de lait produit et souligne si besoin était la médiocre valeur des fourrages tropicaux.

La réalisation du contrôle laitier avec, parallèlement, un enregistrement précis de toutes les interventions dans le domaine de la reproduction ainsi que l'interprétation des résultats, permettra à l'éleveur de se situer et de déceler les points faibles de son troupeau. Ainsi, une meilleure gestion sera possible et, souvent, la productivité de l'élevage pourra être améliorée à peu de frais.

77-087 HEYMAN (Y.). — Incidence des facteurs climatiques sur la reproduction des bovins. Résultats d'élevage en Guadeloupe. *Nouv. agron. Antilles-Guyane*, 1975, 1 (3) : 199-212.

L'influence du climat tropical sur la reproduction des bovins est analysée à partir de résultats observés en Guadeloupe.

La température ambiante élevée provoque des troubles de la spermatogénèse chez le taureau.

Chez la femelle, le climat provoque un stress thermique qui retarde la puberté, diminue la durée de l'œstrus et fait baisser le taux de fécondation. On note des variations saisonnières, liées au climat (chaleur et humidité), sur le nombre d'inséminations nécessaires par mise bas.

Les performances de reproductions enregistrées sur des troupeaux laitiers et sur des troupeaux à viande (âge au premier vêlage, intervalle entre vêlages, nombre de saillies par vêlage, répartition des vêlages) sont exposées et discutées.

77-088 BRAUNIG (I.), BRAUNIG (P.). — Croissance de veaux métis F1 issus du croisement de taureaux Jersiais et Pie Noir allemand avec des vaches N'Dama. (Zur entwicklung der F1 Kälber bei der Einkreuzung von Jersey und DSR Bullen in die westafrikanische Rasse N'Dama). *Beitr. trop. Landwirtschaft. Vet. med.*, 1975 (4) : 383-389.

Les auteurs relatent les performances de croissance obtenues avec des métis F1 Jersiais × N'Dama et Pie noir allemand × N'Dama nés et élevés au Mali, dans des conditions climatiques tropicales (température moyenne annuelle 28 °C).

Grâce à une alimentation améliorée, jointe à un progrès génétique, des gains quotidiens moyens allant de 280 g à 725 g selon les âges et les types génétiques, ont pu être obtenus.

La résistance des métis au climat et aux maladies est satisfaisante.

- 77-089 **WILSON (R. T.).** — *Etudes sur l'élevage dans le Darfur du Sud. IV. Aperçu sur la production chez les caprins.* (Studies on the livestock of southern Darfur, Sudan. IV. Production traits in Goats.). *Trop. anim. Hlth Prod.*, 1976, 8 (4) : 221-232.

Les résultats d'une étude intensive, ayant duré 15 mois, sur 7 troupeaux de chèvres indigènes de la région Sud du Darfur, au Soudan, sont exposés et discutés dans cet article.

La moyenne des naissances s'établit autour de 2,1 chevreaux par chèvre et par an. Un prélèvement total de 28 p. 100 de l'effectif et un taux de mortalité d'environ 16,5 p. 100 sont suffisants pour réduire l'effectif et le nombre des troupeaux va en augmentant.

La mortalité chez les chevreaux n'est pas en relation avec leur nombre à la naissance.

Pour l'ensemble des chevreaux survivants, l'accroissement journalier individuel du poids est de 87 g jusqu'à 3 mois et de 67 g par jour jusqu'à 6 mois d'âge. Les chevreaux jumeaux se développent aussi rapidement que les chevreaux uniques mais les triplés croissent plus lentement. La production de viande par femelle procréatrice est supérieure à celle des brebis et à celle des vaches soumises aux mêmes conditions d'exploitation et d'environnement, dans les proportions de 1,5 et de 8, respectivement.

- 77-090 **BRITO-CAPALLEJAS (R.).** — *Influence du mode d'allaitement sur la durée de l'anestrus post partum chez la femelle zébu.* (Réunion Soc. fr. et anglaise pour l'étude de la stérilité et de la fécondité. Tours, Nouzilly, 24-26 mars 1975). *Annls Biol. anim. Bioch. Biophys.*, 1976 (2) : 163-164 (Résumé).

Dans la zone tropicale et dans les conditions naturelles d'élevage, la vache zébu allaite son produit pendant six mois au moins.

Si le sevrage est pratiqué six mois après le part, 34,6 p. 100 et 27,2 p. 100 des animaux respectivement viennent en chaleurs pendant la période d'allaitement, selon que celle-ci prend place en saison sèche (mise bas en octobre-novembre, 136 vaches), ou en saison humide (mise bas en mai-juin, 92 vaches). La fréquence de l'œstrus durant les deux mois qui suivent le sevrage est de 56,6 p. 100 en saison sèche et 65,2 p. 100 en saison humide, puis respectivement 8,8 p. 100 et 7,6 p. 100 durant les deux mois suivants.

Quand le veau est allaité durant seulement deux périodes de 2 heures par jour, 45,8 p. 100 des mères viennent en chaleurs entre 30 et 120 jours après le part.

Quand le veau n'est allaité que durant une période de 2 heures par jour, 66,7 p. 100 des mères viennent en chaleurs entre 30 et 120 jours après le part.

- 77-091 **MADSEN (O.).** — *Les bovins de race danoise rouge sous les tropiques.* *Rev. mond. Zootech.*, 1976 (19) : 8-13.

L'auteur analyse les performances des bovins de race danoise rouge et de leurs métis en Inde et en Thaïlande. Il ressort des résultats obtenus au cours de programmes de développement de la production laitière dans ces pays que la production de lait a augmenté parallèlement à l'accroissement du pourcentage de gènes danois rouge. Le taux de mortalité a été élevé chez les animaux de race pure dans les conditions climatiques défavorables de la Thaïlande. Les performances de reproduction n'ont été satisfaisantes ni en Thaïlande ni en Inde. Les animaux importés ont eu de meilleures performances que ceux nés sous les tropiques.

- 77-092 **MORTELMANS (J.), KAGERUKA (P.).** — *Les races bovines trypanotolérantes du Zaïre.* *Rev. mond. Zootech.*, 1976 (19) : 14-17.

Les auteurs font l'historique de l'introduction au Zaïre Sud-occidental de races bovines trypanotolérantes : la race dahoméenne se prête bien à l'élevage en petits troupeaux familiaux ; la race N'Dama de format plus grand, qui donne d'excellents résultats en ce qui concerne la productivité en élevage extensif.

Compte tenu du succès obtenu, l'élevage du N'Dama dans cette région est actuellement en voie d'expansion.

- 77-093 **Succès de la race charolaise en Australie.** Colloques sur les races bovines françaises organisés par l'ACTIM sous le patronage de l'Ambassade de France, à Sydney et à Melbourne, au mois d'octobre 1976.

L'élevage australien, qui aura été longtemps l'apanage à peu près exclusif des races anglo-saxonnes, compte maintenant un nouveau venu : le Charolais qui, en dépit des restrictions à l'importation et de l'effondrement des cours de la viande de bœuf en Australie, a réussi à prendre pied sur le Cinquième Continent.

L'Australie compte maintenant quelque 1 200 éleveurs de Charolais officiellement enregistrés. Pour introduire cette race en Australie, ils ont dû faire passer la semence par l'Angleterre, les règlements de la quarantaine australienne prohibant l'importation de semence ou d'animaux vivants en provenance de France. Dispositions destinées à protéger le cheptel bovin australien, qui représente 34 millions de têtes de bétail, contre l'introduction en Australie de virus d'épizooties, en particulier celui de la fièvre aphteuse ; ce qui n'a pas arrêté les éleveurs australiens qui ont obtenu des résultats remarquables par le croisement de la race Charolaise avec des sujets *Angus*, *Hereford* ou *Shorthorn*.

Au cours du colloque qui a eu lieu à Melbourne, les 25 et 26 octobre, le président de la Royal Agricultural Society de l'Etat de Victoria, M. Peter Ronald, a déclaré que la race Charolaise s'était adaptée avec bonheur aux conditions qui président à l'élevage en Australie. Sa capacité de production de viande de qualité pour la boucherie a été confirmée par les succès obtenus dans les concours de carcasses, à l'occasion des foires agricoles.

L'un des premiers éleveurs d'Australie qui aient contribué à l'implantation de la race charolaise, M. Conway Seymour, de Brit Brit, dans l'Ouest du Victoria, a commencé, dès 1969, à faire venir de la semence de reproducteurs tels que *Sucre*, *Clovis*, *Sujet* et *Apollon*. Avec ses meilleures vaches *Angus* et *Angus Hereford*, il a obtenu les premiers croisements. En 1976, les produits de ces croisements en étaient à leur troisième génération. Il lui faudra encore deux autres générations, soit environ cinq années, avant qu'il puisse atteindre son objectif : ses premiers produits de pure race Charolaise.

La viande ainsi obtenue était caractéristique de la race : maigre, rouge et abondante, sous la couche de graisse des *Angus Hereford*.

Selon M. Seymour, elle a été appréciée par les consommateurs pour sa faible teneur en graisse et, surtout, pour ses larges « T-bone » steaks qui font les délices des nombreux amateurs en Australie. Sur les 283 ha de sa propriété de Kiandra, à 320 km à l'ouest de Melbourne, M. Seymour a élevé environ 500 produits de croisements avec des Charolais. Au printemps, ses bêtes prennent jusqu'à 2 kg par jour.

(Communiqué par le Service de Presse de l'Ambassade d'Australie.)

Alimentation

77-094 LE DIVIDICH (J.), SEVE (B.), GEOFFROY (F.). — Préparation et utilisation de l'ensilage de banane en alimentation animale. *Annls. Zootech.*, 1976, 25 (3) : 313-323.

On a tenté de conserver par ensilage, sans addition de conservateur, des déchets de banane entière verte ou mûre artificiellement. La composition chimique, les bilans d'éléments nutritifs et la détermination des caractéristiques fermentaires des produits finaux portent sur 9 silos expérimentaux non hermétiques (5 de banane verte et 4 de banane mûre) d'une capacité de 500 kg de produit frais chacun. L'étude est réalisée pendant une durée de conservation de 45 à 60 jours au cours de laquelle, les jus de drainage d'un silo par type d'ensilage sont intégralement recueillis.

La composition chimique des ensilages dépend essentiellement de la nature des produits frais lors de la mise en silo (banane verte ou mûre). L'ensilage entraîne une augmentation systématique de la teneur en matière sèche et en amidon, soit respectivement - 7,4 et 5,1 points pour l'ensilage de banane verte + 4,0 et + 1,9 points pour l'ensilage de banane mûre. Par contre, les teneurs en glucides solubles sont réduites à l'état de trace dans l'ensilage de banane verte et ne représentent plus que 17,3 p. 100 de la matière sèche dans l'ensilage de banane mûre contre 71,6 p. 100 à la mise en silo.

La stabilisation des ensilages est rapide notamment en ce qui concerne la production d'acide lactique et l'abaissement du pH. La qualité des ensilages, estimée par le pH, les teneurs en acide lactique et en bases volatiles est bonne ; l'ensilage de banane mûre est toutefois plus riche en acide lactique que l'ensilage de banane verte (100,7 contre 53,4 g/kg de matière sèche).

Les pertes de matière sèche durant la conservation, bien que déterminées approximativement, sont de 13,5 p. 100 dans le cas de l'ensilage de banane verte et de 33,5 p. 100 dans le cas de l'ensilage de banane mûre.

L'ensemble des données engage à recommander le choix de la technique d'ensilage de la banane broyée verte, tant pour des raisons économiques (pertes d'éléments nutritifs) que nutritionnelles (concentration énergétique du produit final).

- 77-095 **ISHIZAKI (S. M.), CAMPBELL (C. M.), TOMA (W. Y.).** — Techniques de microdigestion et méthodes de solubilité chimique pour l'estimation de la digestibilité de graminées tropicales. (Microdigestion techniques and chemical solubility methods as estimators of the digestibility of tropical grasses). *J. anim. Sci.*, 1976, 42 (6) : 1503-1508.

Les valeurs nutritives de *Digitaria decumbens* et de *Pennisetum clandestinum*, déterminées au cours d'essais conventionnels sur moutons, ont été comparées avec des données obtenues à l'aide de trois méthodes indirectes d'estimation de la digestibilité. Les mesures *in vivo* concernaient la matière sèche digestible (M. S. D.), les nutriments digestibles totaux (N. D. T), l'énergie digestible (E. D.) et la digestibilité de la cellulose (D. C.).

Les techniques de microdigestion ont consisté à mesurer la disparition de la matière sèche *in vitro* (D. M. S. I. V.) par fermentation en deux étapes et la disparition de la matière sèche en sac de nylon (D. M. S. S. N.). La solubilité de la matière sèche (S. M. S.) dans H_2SO_4N et celle de la cellulose (S. C.) dans la cupriéthylènediamine étaient mesurées.

D'après toutes les analyses effectuées, l'herbe de Pangola (*Digitaria decumbens*) était plus digestible que l'herbe de Kikuyu (*Pennisetum clandestinum*). Des différences hautement significatives ($P < 01$) entre les valeurs nutritives étaient décelées par les méthodes *in vivo* et indirectes.

Des différences significatives ($P < 01$) étaient notées entre les techniques de microdigestion et la M. S. D. La D. M. S. S. N. était plus importante que la D. M. S. I. V. et la M. S. D. respectivement de 8,4 et 1,29 p. 100, alors que la D. M. S. I. V. était de 4,5 p. 100 plus grande que la M. S. D. Les corrélations entre les données recueillies sur les animaux et les deux techniques de microdigestion étaient très significatives ($P < 01$).

Parmi les tests de solubilité, seul celui de la cellulose montrait des coefficients de corrélation élevés. En général, les corrélations entre la M. S. D. et la digestibilité *in vivo* n'étaient pas significatives et étaient inférieures à la S. C. On constatait une relation négative inexplicée, non significative sauf pour la D. C. ($P < 05$), entre la S. M. D. et les données recueillies sur les animaux dans le cas de l'herbe de Pangola. Pour l'herbe de Kikuyu, les corrélations entre la S. M. D. et les données recueillies sur les animaux n'étaient pas significatives, sauf pour l'E. D. ($P < 05$).

- 77-096 **LE DIVIDICH (J.), GEOFFROY (F.) CANOPE (I.), CHENOST (M.).** — Utilisation des déchets de banane dans l'alimentation du bétail. *Rev. mond. Zootech.*, 1976 (20) : 22-30.

Les auteurs font le point des connaissances actuelles sur l'utilisation des déchets de bananes dans l'alimentation du bétail. Ils indiquent la composition et les possibilités d'ensilage et donnent les résultats obtenus dans l'alimentation des porcs et des ruminants avec des bananes fraîches, ensilées et déshydratées, sous forme de farine, en complément de fourrages verts ou comme constituant de base de rations complètes. Ils concluent que les surplus et les déchets de banane constituent une ressource fourragère très intéressante. Cependant leur intérêt économique ne se justifie que dans la mesure où ils sont utilisés sur place en raison de la difficulté du transport à l'état frais et du coût de la déshydratation, ce qui implique l'implantation des élevages ou centres d'engraissement à proximité des lieux de conditionnement de la banane.

Agro-pastoralisme

- 77-097 **BOUDET (G.).** — Pâturages de la zone tropicale humide. Connaissances acquises et besoins en recherches complémentaires. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1977, 30 (2) : 175-180.

En zone tropicale humide, les chercheurs spécialisés dans l'étude des pâturages naturels ont déjà acquis des connaissances permettant l'élaboration de quelques principes fondamentaux de gestion des parcours (range-management) susceptibles de servir comme thèmes de base en vulgarisation (extension) tels que le respect d'un temps de repos de trois semaines à un mois pour les repousses de graminées et pour limiter l'embroussaillage (bush encroachment), la nécessité d'un feu d'arrière-saison tous les trois ans, alimenté par un stock de pailles produit par une mise hors pâture d'une année.

Toutefois, à l'inventaire des types de parcours, à l'estimation de la production par coupes et pesées, à l'élaboration de séries évolutives par observation minutieuse des parcours exploités en élevage traditionnel ou amélioré, doit s'ajouter impérativement une multiplication d'essais de charge (stocking rate trials) afin de tester par un troupeau homogène, la production secondaire (évaluée en kg de poids vif à l'ha) susceptible d'être obtenue avec diverses charges et divers schémas de gestion des parcours.

Parallèlement, doivent être conduits en réseau multilocal, des essais de restauration des parcours (réclamation) et d'amélioration de la production des parcours (range improvement) avec enrichissement floristique, par exemple.

- 77-098 **DULIEU (D.), GASTON (A.), DARLEY (J.).** — La dégradation des pâturages de la région de N'Djaména (République du Tchad) en relation avec la présence de Cyanophycées psammophiles. Etude préliminaire. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1977, 30 (2) : 181-190.

Dans la région de N'Djaména, la présence de colonies de Cyanophycées psammophiles (*Scytonema* sp.) a été relevée sur de nombreux pâturages. Cette présence semble liée à une diminution de la biomasse herbacée par imperméabilisation de l'horizon superficiel. Dans le cadre de cette hypothèse, elle serait à l'origine d'une accélération des processus érosifs, en facilitant le ruissellement d'une part et en diminuant la protection des sols réalisée par les pailles d'autre part. Par ailleurs, il apparaît que la présence de l'algue est liée à un certain appauvrissement du cortège floristique ; ce phénomène marquerait donc le début de la dégradation des pâturages sur sable et aurait valeur d'indicateur.

- 77-099 **TOUTAIN (B.).** Essais de régénération mécanique de quelques parcours sahéliens dégradés. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.* 1977, 30 (1) : 191-198.

Une dégradation importante de la végétation sahélienne, surtout depuis la sécheresse, se manifeste dans certaines régions du nord de la Haute-Volta, très chargées en bétail, entraînant la diminution des potentialités pastorales et menaçant le milieu lui-même. Les principales formes de cette dégradation ont été analysées. La régénération de terrains dénudés a été essayée dans différentes conditions soit par des travaux superficiels du sol, soit par un sous-solage, de façon à améliorer le bilan hydrique et permettre la réinstallation d'un couvert végétal.

- 77-100 **GRANIER (P.), CABANIS (Y.), ELLENBERGER (F.), RAZAFINDRAT-SITA (R.).** — Evolution des pâturages. Etude de la biologie de deux graminées : *Imperata cylindrica* (Linn.) et *Aristida rufescens* (Stend). *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1977, 30 (1) : 199-228.

L'étude de la biologie d'*Imperata cylindrica* et *Aristida rufescens* permet de mettre en évidence l'importance de l'appareil souterrain et l'influence du facteur édaphique sur le développement de ces graminées.

Ces espèces seraient secondaires en savane mais dans des conditions de sous-exploitation (écimage des chaumes et suppression des feux) elles peuvent devenir dominantes alors qu'on a pu penser qu'elles étaient favorisées pas le surpâturage.

Le contrôle de leur expansion est important à considérer parce que leur productivité est faible, leur appétibilité temporaire et surtout parce qu'elles modifient la vocation des zones qu'elles occupent.

- 77-101 **VIVIER (M.).** — Intérêt et limites des hybrides sorgho × sudan-grass du type sudax SX11 pour l'alimentation des bovins aux Antilles. *Fourrages*, 1976, (68) : 67-80.

Observés et expérimentés depuis 1969-1970, les hybrides sorgho × sudan-grass (type Sudax SX11) apparaissent comme une source de fourrage particulièrement prometteuse pour les Antilles françaises.

Les rendements constatés se situent aux environs de 20 t/ha de M. S. ; les teneurs relatives en M. S. sont assez faibles, influencées par le stade de récolte. La valeur fourragère reste stable jusqu'au stade épiaison ; au-delà, elle décroît rapidement, évolution liée à une modification profonde de la composition morphologique. Cette constatation semble valable non seulement pour le premier cycle mais également pour les suivants.

La comparaison de deux stades de récolte, jeune (H. d. l. 45-50 cm) et plus âgé (H. d. l. 90-100 cm) montre que l'amélioration de la valeur fourragère observée dans le premier cas ne compense pas l'augmentation de rendement possible avec une récolte plus tardive.

Comparé avec le Pangola ainsi qu'avec d'autres fourrages, l'hybride sorgho × sudan-grass SX11 se classe comme le plus productif. Toutefois, il ne faut pas sous-estimer les contraintes : nécessité de ressemer tous les ans, récolte pour distribution à l'auge ou ensilage avant même le stade épiaison, sensibilité à certains parasites (pyrales, nématodes) et maladies (rouille rouge, helminthosporiose).

- 77-102 **BOL ALIMA (G.)**. — *Etudes préliminaires sur les effets biologiques de la hauteur de coupe sur la croissance et le développement de Stylosanthes gracilis* H. B. K. *Cah. ORSTOM, sér. Biol.*, 1974 (23) : 57-65.

Une expérimentation en sacs plastiques portant sur *Stylosanthes gracilis* a permis d'étudier la croissance globale de masse ainsi que les relations d'allométrie liant entre elles différentes parties de la plante. L'action de trois hauteurs de coupe sur le développement ultérieur de la plante a été abordée et a conduit à un essai de mise en évidence d'un gradient d'aptitude des bourgeons à la levée le long des tiges. Enfin il a été proposé la notion « d'indice de fauche » comme susceptible de mieux rendre compte des possibilités de reprise de l'espèce que la notion plus pratique de « hauteur de coupe ».

- 77-103 **JARITZ (G.), GACHET (J. P.) et Collab.** — *Adaptation des systèmes fourragers en culture sèche dans différentes régions climatiques de la Tunisie septentrionale*. *Fourrages*, 1976 (67) : 105-133.

Le problème de l'intensification fourragère, donc de la mise au point de systèmes fourragers adaptés aux contraintes édaphoclimatiques, se pose avec une particulière acuité en culture sèche, puisque pour longtemps encore l'essentiel de l'agriculture tunisienne et principalement l'élevage se développera dans ces conditions.

La Tunisie septentrionale représente la partie du territoire tunisien où, en culture sèche, l'élevage peut être très intégré au système de culture et où donc un « système fourrager cultivé » (avec cependant « un appoint pastoral ») dans les régions situées dans l'étage climatique du semi-aride inférieur est tout à fait possible, à condition bien évidemment de développer, dans les différentes zones climatiques, les types d'élevage les mieux adaptés.

Depuis bientôt dix ans, sur la base des acquis anciens et nouveaux concernant l'adaptation des espèces, de nouveaux systèmes fourragers ont été mis au point et testés en vraie grandeur à l'échelle de domaines expérimentaux et ces systèmes commencent à être diffusés dans diverses régions.

Ce sont ces systèmes régionalisés que nous allons maintenant présenter en soulignant que le « progrès fourrager » n'est pas une fin en soi mais exige, pour être pleinement assimilé et accepté, qu'il soit accompagné d'un progrès dans la maîtrise et la conduite de l'élevage.

L'ensemble des résultats acquis montre assez clairement que, pour une grande partie de la Tunisie septentrionale, des systèmes fourragers adaptés existent et sont même opérationnels dans des exploitations du secteur organisé. Il reste évidemment encore beaucoup à faire quant à l'utilisation optimale des espèces confirmées et dans l'organisation de systèmes souples, économiques et efficaces. De même qu'il est urgent d'entreprendre une série de travaux visant à occuper le « désert fourrager » que constituent toutes les régions ouest pour lesquelles aucune référence n'existe.

Bibliographie

- 77-104 **Dictionnaire d'agriculture et des sciences annexes. Index anglais et espagnol.** — Paris, La Maison Rustique, 1977, X-222 p. Prix : 90 F.

Cet ouvrage est publié par l'Agence de Coopération culturelle et technique avec la collaboration du Conseil international de la langue française. Il donne, outre le vocabulaire technique de l'agriculteur, de l'horticulteur, du viticulteur, du forestier,

de l'éleveur, de l'apiculteur, une terminologie relevant des sciences agronomiques de pointe telles que l'écologie, la pédologie, la météorologie, la génétique et relative à la fertilisation, la protection des plantes, la médecine vétérinaire, le machinisme agricole, l'aménagement agricole des eaux...

Ont été volontairement exclus les termes les plus courants, trouvés facilement dans les dictionnaires usuels ainsi que les noms des végétaux cultivés, des crus, des essences forestières, des races d'animaux domestiques. D'autre part un choix a été fait pour chaque mot dont tous les dérivés ne sont pas donnés.

Ce dictionnaire, illustré de lithographies du XV^e siècle, de présentation claire et agréable sur deux colonnes, se termine par un tableau des principales espèces végétales cultivées indiquant la famille, le nom latin, anglais, espagnol ainsi que par les index en anglais et en espagnol.